Environment Canada
Canadian Forestry Service

Environnement Canada
Service canadien des forêts

The Dromader M-18 Aircraft: Its Role as an Air Tanker

E. Stechisen and G. Halicki

Information Report PI-X-40
Petawawa National Forestry Institute

85-4789/

PETAWAWA NATIONAL FORESTRY INSTITUTE

The Petawawa National Forestry Institute (PNFI) was formed on April 1, 1979, as the result of an amalgamation of the Petawawa Forest Experiment Station with the Ottawa-based Forest Management and Forest Fire Research Institutes. The Forestry Statistics and Systems Branch was established at PNFI in 1980.

In common with the rest of the Canadian Forestry Service, the Petawawa National Forestry Institute has as its objective the promotion of better management and wiser use of Canada's forest resource to the economic and social benefit of all Canadians. Because it is a national institute, particular emphasis is placed on problems that transcend regional boundaries or that require special expertise and expensive equipment that cannot be duplicated in CFS regional establishments. Such research is often performed in close cooperation with staff of the regional centres or provincial forest services.

Research at the Institute is in two main areas:

FIRE RESEARCH AND REMOTE SENSING. Every year in Canada large areas of productive forest are destroyed by fire. Research concentrates on studies of forest fire behaviour, the development of new methods of fire control, the evaluation of fire-fighting equipment and retardants, and the development of computerized fire management systems that are rapidly finding applications with fire-fighting agencies across the country. The environmental and economic impact of forest fires and the use of fire as a silvicultural tool for intensive forest management are also studied.

In remote sensing, investigations are made into the application of modern satellite and airborne remote sensing systems to forestry problems. In this respect, the ARIES digital image analysis system is proving invaluable.

INTENSIVE FOREST MANAGEMENT. As Canada moves into more intensive management of its forest to meet expected increases in demand for this vital resource, the role of this program will become increasingly important. An extensive reforestation program will require a steady supply of high-quality seed of the desired species. Improved growing stock, obtained through tree breeding and forest genetics research, is highly desirable. Increased emphasis is being placed on using the entire above-ground portion of the tree (biomass), but the effect on the environment of this and other forms of intensive management has to be carefully monitored. Biotechnological methods of improving yield while maintaining site productivity are being investigated.

In support of its research programs, the Institute has at its disposal a 98 km^2 area of forest in the western part of the Petawawa military reserve. Records of experiments and sample plots have been maintained since the 1920s. The forest also serves as a field laboratory for students from local schools, and a visitor centre is operated during the summer months.

The operations of PNFI also include THE FORESTRY STATISTICS AND SYSTEMS BRANCH (FSSB) which is responsible for the acquisition and publication of national information on the forests of Canada. Through the Canadian Forest Inventory Committee, which is comprised of provincial and federal forestry officials, the FSSB works in close cooperation with provincial forest agencies to improve and standardize the information available on Canada's forest resources.

Through the FORSTATS program, which involves all regional establishments of the Canadian Forestry Service, the FSSB coordinates the acquisition and publication within the CFS of national statistics on the forest of Canada.

Every five years, the FSSB publishes Canada's Forest Inventory; the official report on the location, extent, species, and condition of the forest resource. In addition, the FSSB is working closely with the provinces to expand the information available on changes to the forest from fire, harvesting, insects and disease, and from forest management activities. This information is essential to the development of sound policies for the improved management of this important and renewable natural resource.

THE DROMADER M-18 AIRCRAFT: ITS ROLE AS AN AIR TANKER

Information Report PI-X-40

E. Stechishen, G.L. Halicki

Petawawa National Forestry Institute
Canadian Forestry Service
Environment Canada
1984

©Minister of Supply and Services Canada 1984
Catalogue No. Fo46-11/40-1984E
ISSN 0706-1854
ISBN 0-662-13374-9

Additional copies of this publication can
be obtained from:

Technical Information and Distribution Centre
Petawawa National Forestry Institute
Canadian Forestry Service
Environment Canada
Chalk River, Ontario
KOJ 1JO

Cette publication est aussi disponible en français
sous le titre L'Avion Dromader M-18: Son rôle comme
avion-citerne

Contents

i Abstract/Résumé

1 Introduction

2 Test methods and results

2 Payload and drop parameters
12 Productivity

14 Discussion

14 Drop characteristics

19 Recommendations

22 Appendix I

Tables

11 1. Estimate of volume recovered at ground level within the 0.05 cm contour as a percent of on-board volume
11 2. The effects of air tanker speed on drop pattern characteristics (open field site)
12 3. The effects of drop height on load distribution for thickened and unthickened water (comparison of two drops made at 160 km/h)
13 4. Changes in drop pattern distribution and recovery attributed to the use of Poly-Trol 200 as a water thickener (open field drop site)
13 5. Metres of line built per drop for single and overlapped multiple drops made by M-18 using water, Fire-Trol 931 and Poly-Trol 200 (open field drop data)
17 6. M-18 Air Tanker productivity during 90 minute mission using water, Fire-Trol 931, and Poly-Trol 200

Figures

3 1. Catch-cup grid.
4 2. Fire-Trol 931 drop pattern on open-field site.
5 3. Poly-Trol 200 drop pattern on open-field site.
6 4. Water drop pattern on open-field site.
7 5. Foam drop pattern on open-field site.
8 6. Fire-Trol 931 drop pattern in black spruce stand.
9 7. Poly-Trol 200 drop pattern in black spruce stand.
10 8. Water drop pattern in black spruce stand.
15 9. Longitudinal profile depicting recovery depth of water in an open field (drop height, 21 m at speed 145 km/h).

10. Longitudinal profile depicting recovery depth of Poly-Trol 200 in an open field (drop height, 21 m at speed 145 km/h; viscosity 212 mPa.s).

11. Longitudinal profile depicting recovery depth of unthickened Fire-Trol 931 in an open field (drop height, 18 m at speed 145 km/h; viscosity 100 mPa.s).

12. Metres of line built of equivalent effectiveness during 90 minute mission for 10 to 160 km base-to-fire distances using 0.25 cm water and Poly-Trol 200 and 0.10 cm Fire-Trol 931 open field drop pattern contour lengths.

13. Metres of fire line built with retardant at the 0.1 cm application level during 90 minute mission for 10 to 160 km base-to-fire distances.

Abstract

Data analyses were made of the water, Poly-Trol 200 and Fire-Trol 931 drop patterns in open field and black spruce stand sites for the Dromader M-18 air tanker. The effects of air tanker speed and drop height on load distribution were evaluated and the productivity per drop was determined in terms of metres of line built.

The potential for using this air tanker as a foam delivery vehicle was determined from observations of drops made in an open field, standing timber, and cut-over slash areas.

Résumé

On a analysé les données sur le processus de largage d'eau, de Poly-Trol 200 et de Fire-Trol 931 dans un champ à découvert et dans des peuplements d'épinettes noires par l'avion-citerne Dromader M-18. On a mesuré les effets de la vitesse de l'avion-citerne et de l'altitude du largage sur la répartition de la charge. La performance du largage fut mesurée par la longueur en mètres de ligne établie.

Une éventuelle utilisation de cet avion-citerne comme épandeur de mousse ignifuge a été étudiée à partir de largages dans une zone dénudée, une zone boisée et dans des zones de rémanents.

THE DROMADER M-18 AIRCRAFT: ITS ROLE AS AN AIR TANKER

INTRODUCTION

The Dromader M-18 aircraft was introduced into Canada as an air tanker in 1980. It is manufactured in Poland primarily for agricultural use but by the installation of a large drop door and a Kamlock loading-coupler system, the aircraft was readily converted into a land-based air tanker. The M-18 is a single engined, low-wing monoplane equipped with a 2500 litre tank which when full of water will empty in approximately 1.2 seconds. The aircraft can operate on tarmac, sand, gravel, or grass landing surfaces.

Six of these air tankers are being utilized to fight fires in the province of New Brunswick. A cooperative testing program was carried out by the Canadian Forestry Service and the Department of Natural Resources of New Brunswick during the summers of 1981 and 1982 to determine the air tanker's effectiveness when dropping water, foam, Poly-Trol 200 or unthickened Fire-Trol 931.

The inherent characteristics of any aircraft's tank and gating system are partly instrumental in determining the load's distribution at ground level. Drop patterns will also vary with aircraft drop height and flying speed, the rheological properties of the payload, and the ambient weather conditions, primarily wind direction and intensity, during the payload's descent. Delivery of the payload by each type of air tanker results in an uniquely identifiable ground distribution pattern for each given set of conditions, ie. open field or standing timber.

The quantity of suppressant or retardant required to stop the spread of fire is dependent on fire behaviour and intensity. Guides for application requirements have been developed at PNFI for low intensity fires in four slash fuels. However, the M-18s capability to control fires in these fuels could not be assessed until the distribution of its payload at ground level was determined. Because the aircraft had not been previously used in North America and the Polish authorities did not supply information on drop configuration, a range of drop tests were required to determine the drop distributions for retardants and suppressants currently used.

---

*Products are mentioned not as an endorsement but for our convenience. Competing products may be equally efficient.

E. Stechishen is a research officer, and G.L. Halicki was a student assistant, at the Petawawa National Forestry Institute.

Manuscript approved for publication: 11 July 1984

Drop tests were conducted on two sites, an open field and a mature black spruce stand. The impact of the different variables was determined from the open-site drop configurations, and the effects of crown interception on ground recovery were obtained from the drop in the forest stand test site.

TEST METHODS AND RESULTS

The sampling technique of using catch cups set in a grid system has been widely use in Canada and the United States since the 60s. However, grid size and cup spacing has always been the researcher's prerogative.

The catch-cup grid design in the open field was 43 m wide and 104 m long. Catch-cups having a diameter of 7.3 cm were located at main model points (spaced 6.1 m apart) and at intermediate model points as indicated in Figure 1.

The forest-site grid was 30.5 m wide by 61 m long with the catch-cups spaced 3 m apart in a regular square grid. A more intensive sampling scheme was required beneath the canopy to compensate for interception and load redistribution by the tree crowns. The average height of the black spruce stand (Picea mariana (Mill.) B.S.P.) was 19 m and its canopy closure was estimated at 30 per cent. The distribution and size of the spruce and shrub understorey varied throughout the site. The understorey was left undisturbed even though this undergrowth overtopped some of the catch-cups. Interception by the understorey was considered as part of the canopy catch.

Weather parameters were measured on site. Aircraft drop altitude and flying speed were pre-arranged nevertheless, and height above ground had to be measured for each test. Haga handheld height determination units were used to ascertain true height above ground at the instant the load emerged from the air tanker.

The catch-cups were capped, taken indoors for weighing, the net catch was converted to depth applied (in centimeters) and the values were recorded on a Grid Sheet at the appropriate model point. Contour lines were drawn to identify drop concentration in steps of 0.05 cm/or 0.10 cm increments depending on contour spacing. The drop patterns in Figures 2 to 8 are indicative of the distribution variations caused by product rheology, interception, flight speed drop height, and weather parameters. Volume recovery levels are summarized in Table 1.

Payload and drop parameters

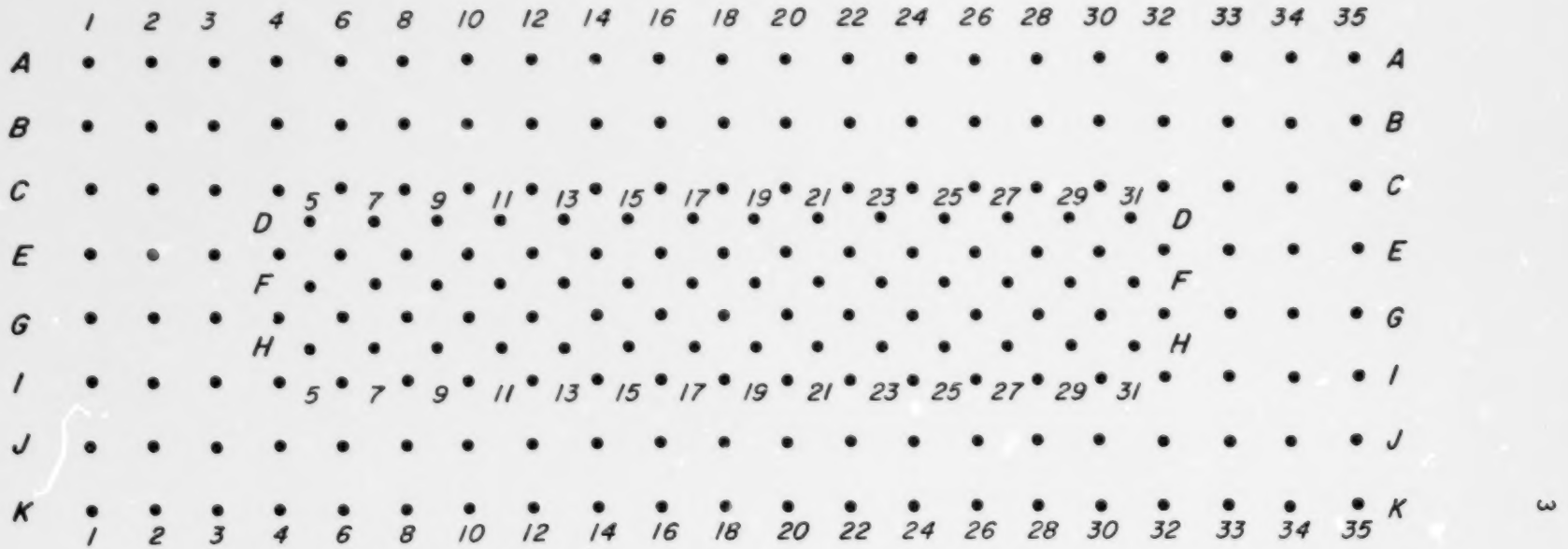
The four fire retardant agents used in this test series were water, Poly-Trol 200, Fire-Trol 931, and foam. Low and medium expansion foam-forming additives with diverse characteristics were used. Lorcon Mid-Ex was dropped on the open-field catch grid. Lorcon Mid-Ex and Lorcon AFFF were dropped on standing timber and slash fuels. Their coating and stability characteristics were visually determined and noted.

The usual air tanker drop speed was 160 km/h but several tests were conducted at 145 km/h to determine pattern differences resulting from changes in aircraft flying speed (Table 2).

CATCH CUP GRID (43 m x 104 m)
TEST NO. _____

Time.....
Date.....
Temperature.....
Relative Humidity.....
Wind (speed).....
Wind (direction).....

Aircraft.....
Speed (air).....
Altitude.....
Litres.....
Remarks.....



Scale 1 cm = 6.1 m

Figure 1. Catch-cup grid.

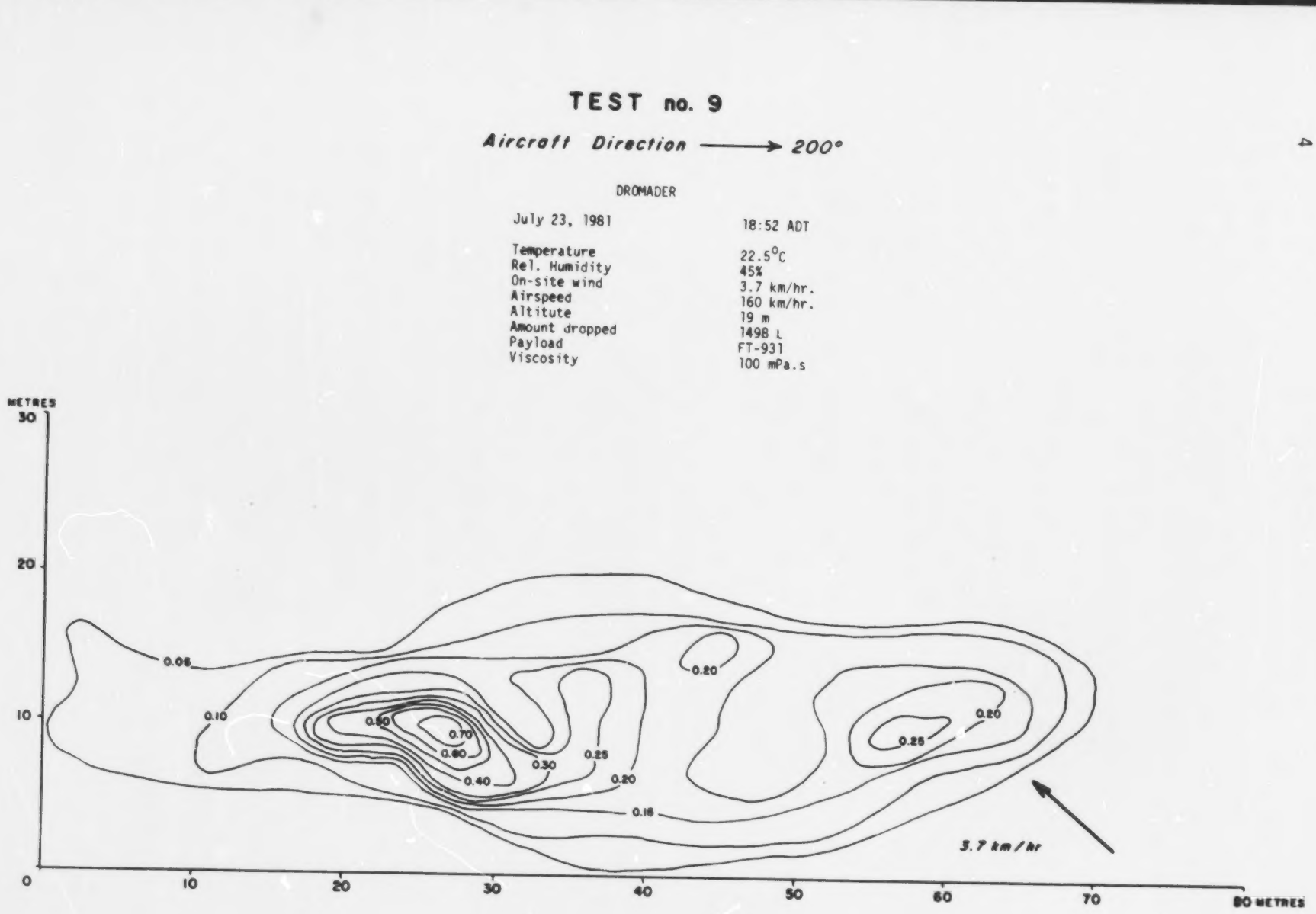


Figure 2. Fire-Trol 931 drop pattern on open-field site.

TEST no. 82-16

Aircraft Direction ←——— 20°

DROMADER

July 24, 1982	14:50 ADT
Temperature	25°C
Rel. Humidity	48%
On-site wind	3.9 km/hr.
Airspeed	160 km/hr.
Altitude	26 m
Amount dropped	1680 L
Payload	PT-200
Viscosity	316 mPa.s

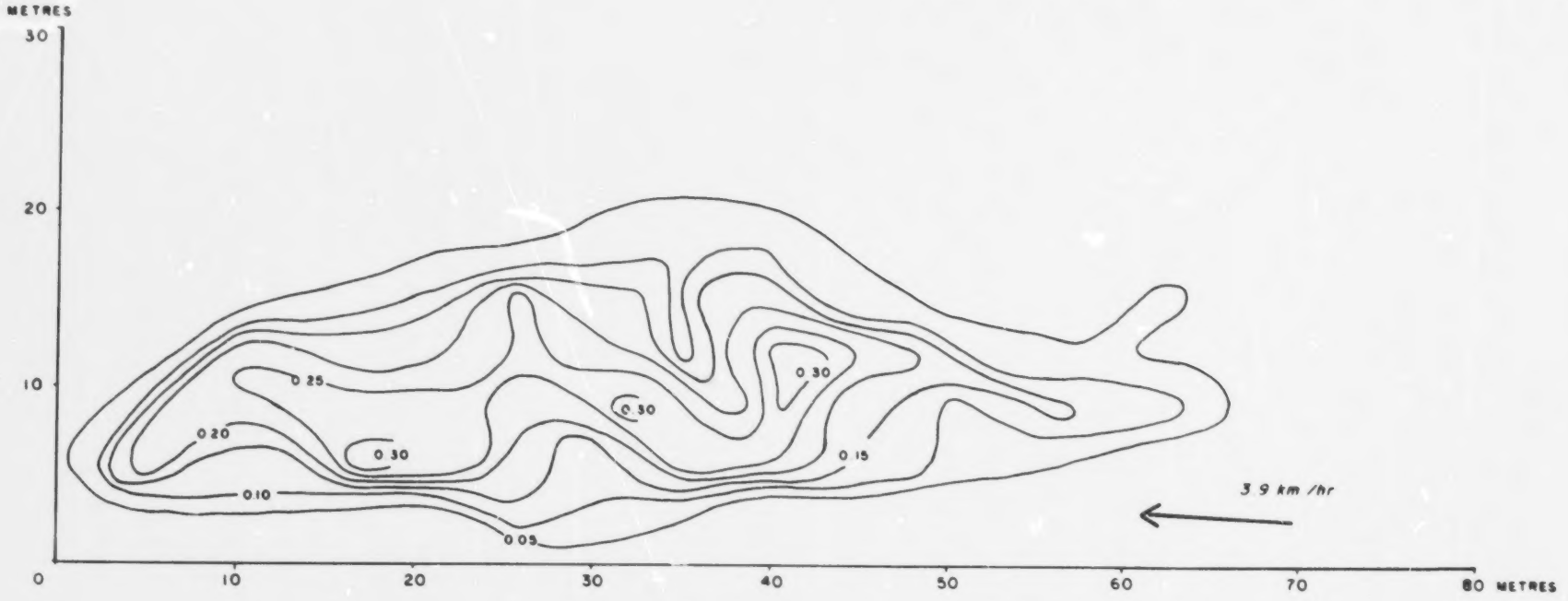


Figure 3. Poly-Trol 200 drop pattern on open-field site.

TEST no. 82-5

Aircraft Direction ⟶ *200°*

DROMADER

July 19, 1982	9:15 ADT
Temperature	28°C
Rel. humidity	75%
On-site wind	8.9 km/hr.
Airspeed	160 km/hr.
Altitude	24 m
Amount Dropped	1634 L
Payload	H_2O

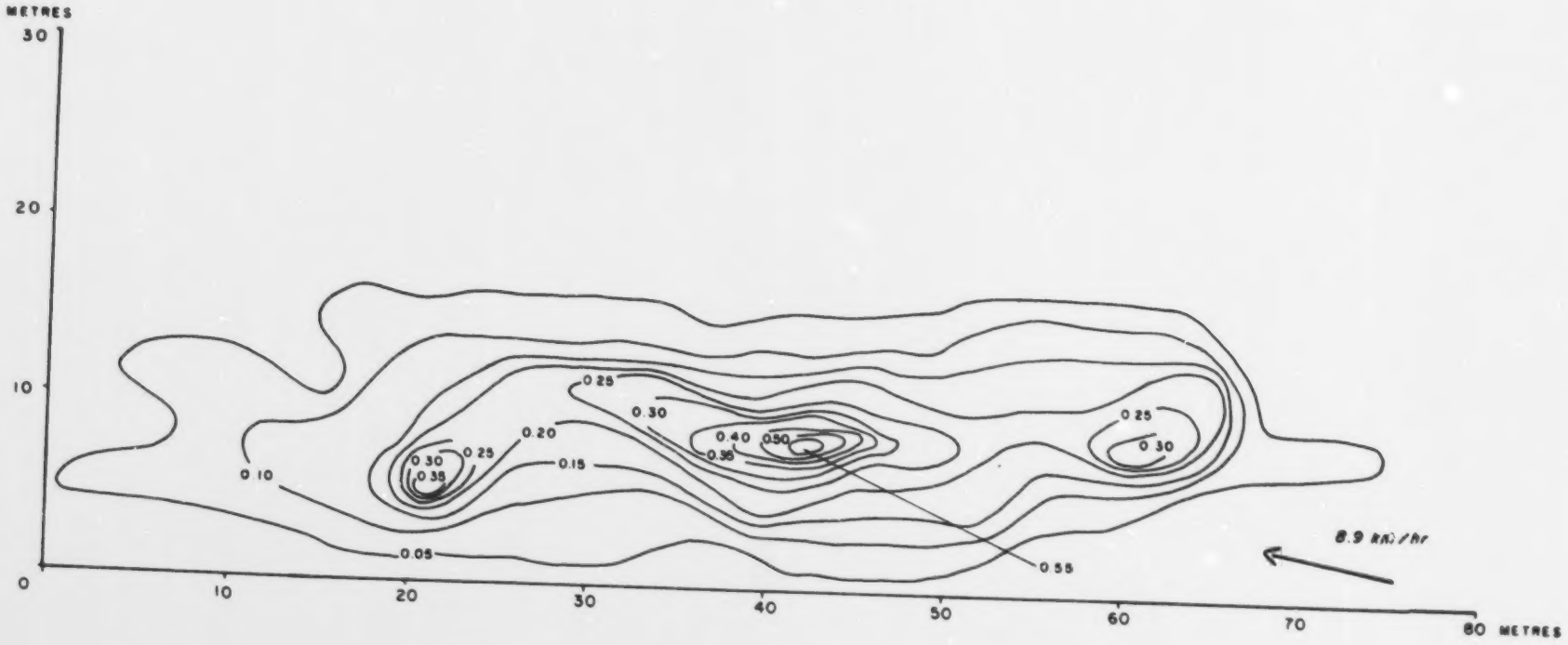


Figure 4. Water drop pattern on open-field site.

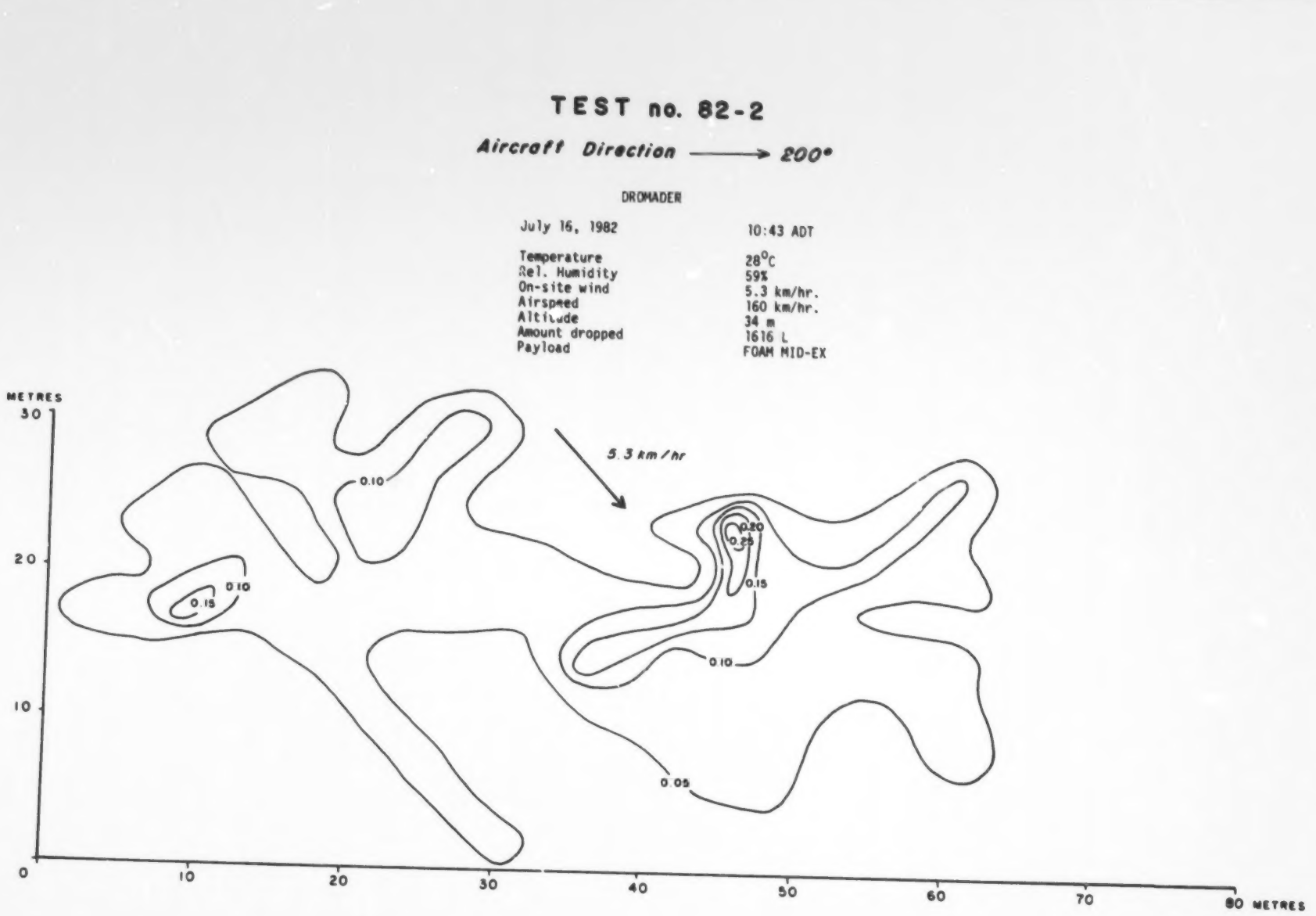


Figure 5. Foam drop pattern on open-field site.

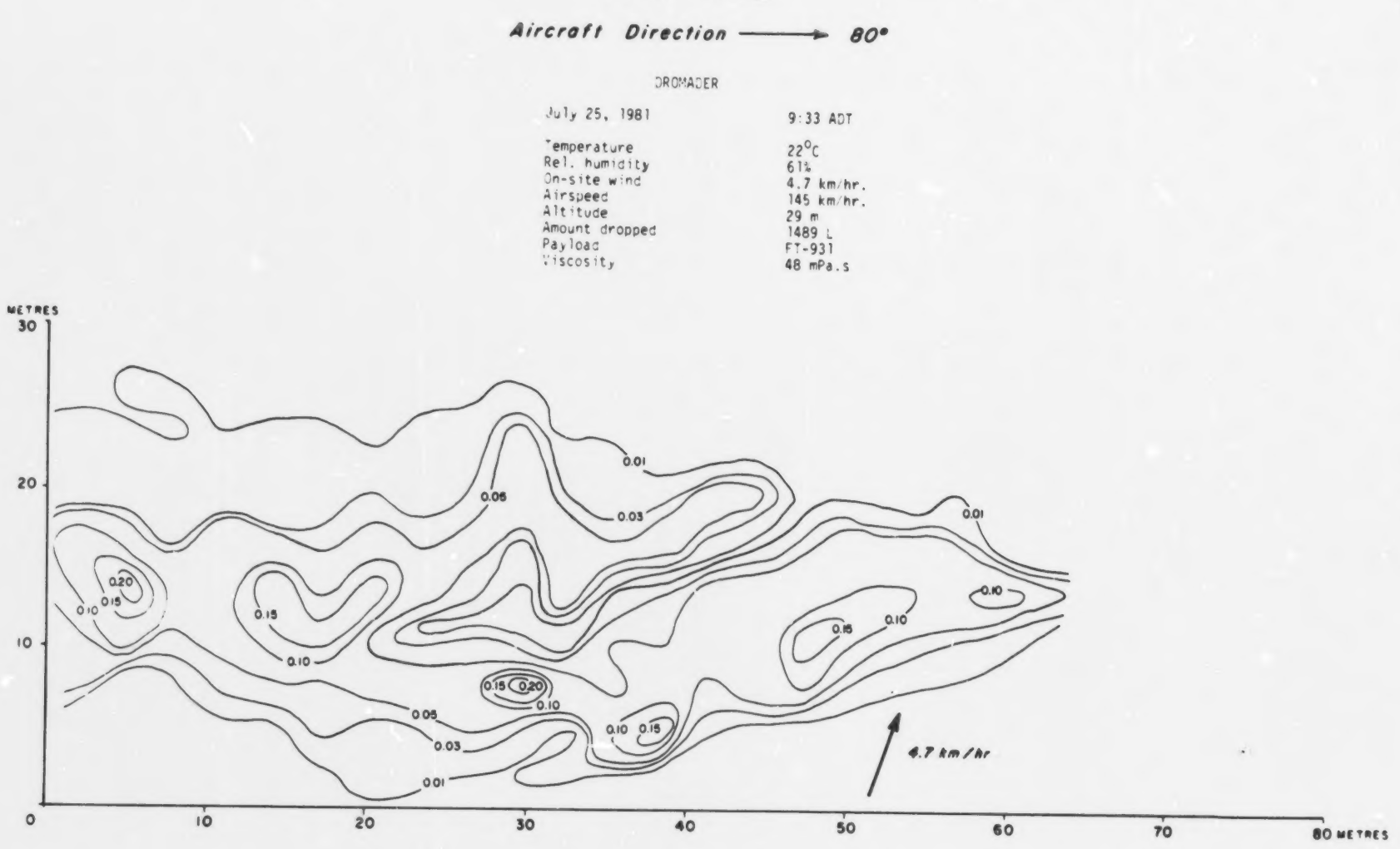


Figure 6. Fire-Trol 931 drop pattern in black spruce stand.

TEST T-5

Aircraft Direction ⟶ 80°

DROMADER

September 1, 1981	19:45 ADT
Temperature	21°C
Rel. humidity	71%
On-site Wind	1 km/hr.
Airspeed	145 km/hr.
Altitude	24 m
Amount dropped	1634 L
Payload	Polytrol 200
Viscosity	328 mPa.s

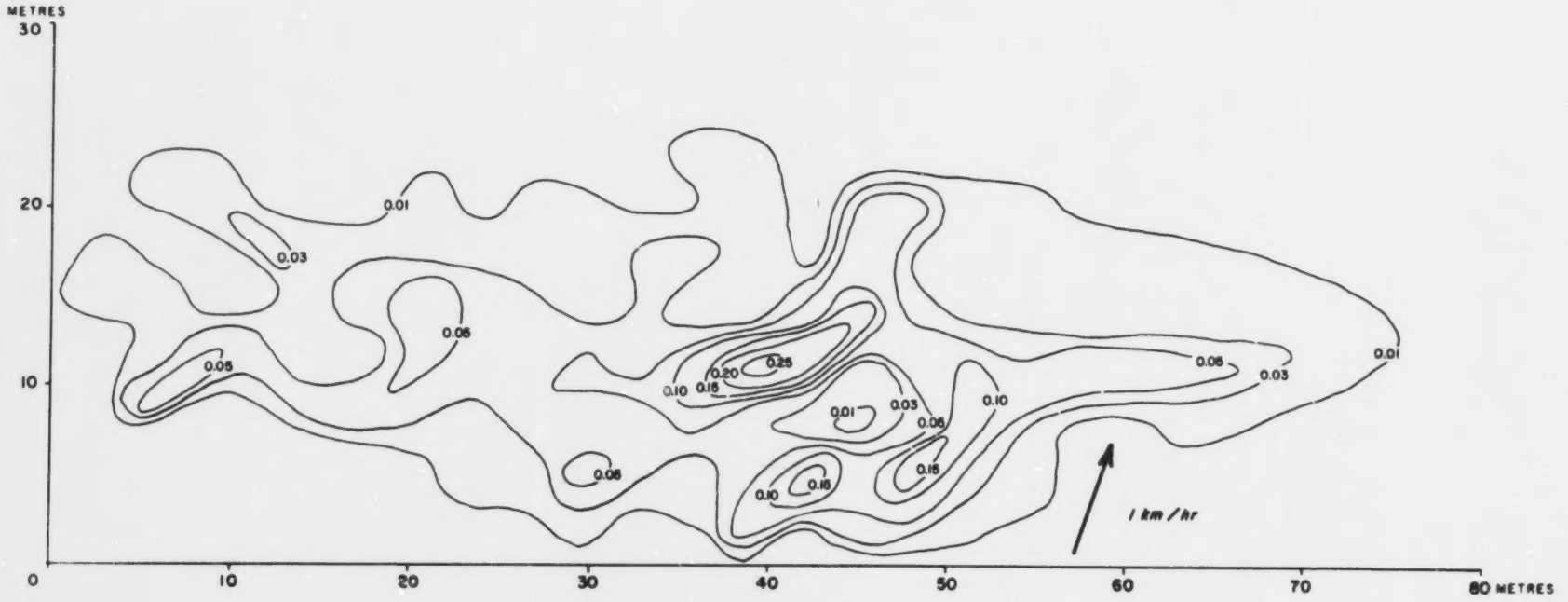


Figure 7. Poly-Trol 200 drop pattern in black spruce stand.

TEST T-1

Aircraft Direction ⟶ *80°*

DROMADER

July 24, 1981	19:55 ADT
Temperature	24°C
Rel. humidity	50%
On-site wind	Nil
Airspeed	145 km/hr.
Altitude	32 m
Amount dropped	1634 L
Payload	Water

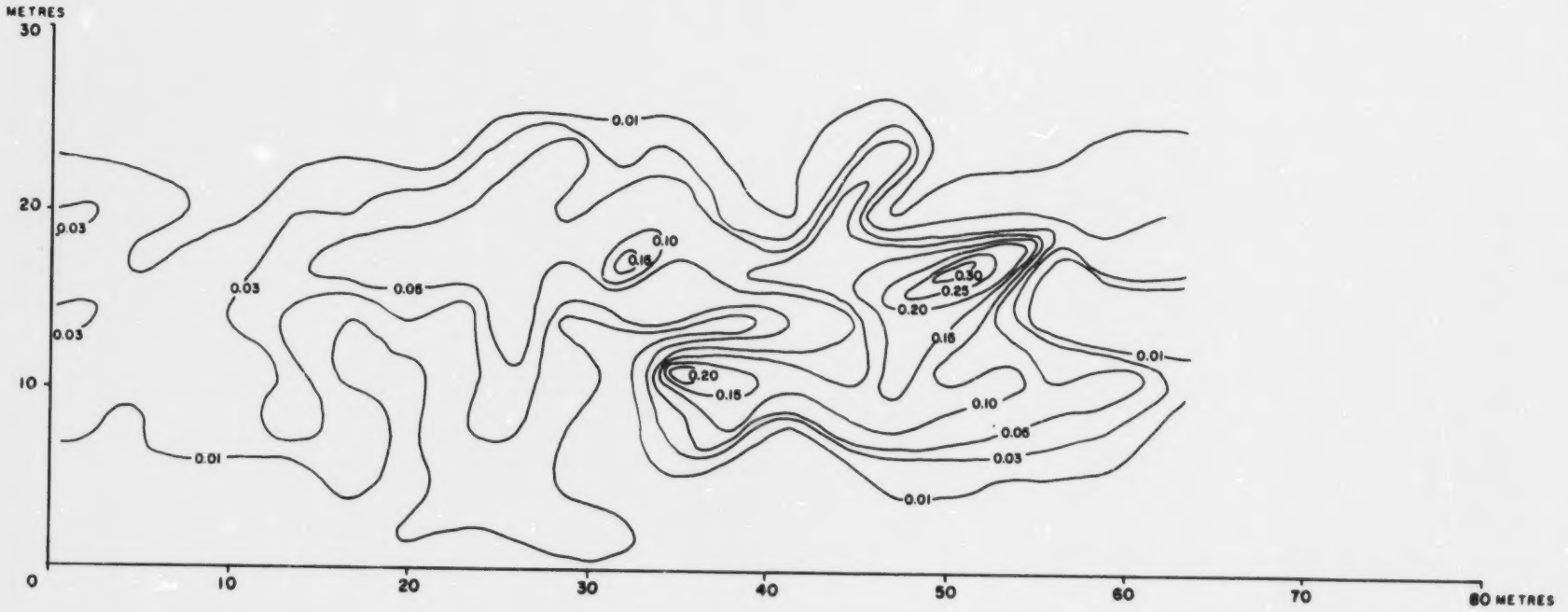


Figure 8. Water drop pattern in black spruce stand.

Table 1. Estimate of volume recovered at ground level within the 0.05 cm contour as a percent of on-board volume

	Percent recovered		
	Water	PT-200	FT-931
Open site:			
- high drops	72	82	-
- low drops	69	81	92
Under canopy:	21	13	29

Table 2. The effects of air tanker speed on drop pattern characteristics (open field site)

Payload and Factor	Air Speed			
	145 km/h		160 km/h	
	Contour level (cm)			
	0.05	0.25	0.05	0.25
Water				
- area within contour (m^2)	735	120	813	96
- contour length (m)	61	24,8*	67	18
- recovery within contour (L)	1166	380	1225	325
Poly-Trol 200				
- area within contour (m^2)	790	178	808	157
- contour length (m)	52	14,14,10*	65	35
- recovery within contour (L)	1451	566	1230	430
Fire-Trol 931				
- area within contour (m^2)	841	115	871	96
- contour length (m)	65	18,22*	70	5,20*
- recovery within contour (L)	1360	439	1390	377

*Broken pattern.

Conclusions drawn from visual observations of descending Poly-Trol 200 thickened water supported the theory that dispersion decreased as fluid viscosity increased but quantitative data to support these observations were lacking. To quantify the observed differences, parallel water and PT-200 test drops were conducted at altitudes between 24 m and 40 m above ground (Table 3).

Rather than deal on a one-on-one basis for the entire range of drops, i.e., water vs. Poly-Trol 200, the drop results were pooled into two groups: low drops (drop height less than 32 m) and high drops (drop height greater than 32 m). The criteria used in determining the impact of using thickened water as opposed to plain water were changes in area within the 0.05 to 0.25 cm contours, changes in contour lengths, and changes in volume recovered within the respective contours (Table 4).

Productivity

The use of single-drop pattern lengths for low level applications (0.15 cm) does not cause productivity (metres of effective line built to control spread of moderate intensity fires having maximum intensities between 300 kw/m and 800 kw/m, depending on fuel type) to deviate substantially from the values derived when load lapping is taken into consideration (Table 5).

Table 3. The effects of drop height on load distribution in an open field for thickened and unthickened water (comparison of two drops made at 160 km/h)

Payload	Drop height in (m)	Contour level in (m)	Area within contour (m^2)	Contour length (m)	Recovery within contour (L)
		0.05	813	67	1225
	24	0.25	96	18	325
Water					
		0.05	977	71	1140
	40	0.25	25	7	70
		0.05	789	65	1230
	26	0.25	152	35	430
Poly-Trol-200*					
		0.05	1002	66	1250
	38	0.25	30	7,8,5**	80

*Fluid viscosity 316 and 354 mPa.s respectively.
**Broken pattern.

Table 4. Changes in drop pattern distribution and recovery attributed to the use of Poly-Trol 200 as a water thickener (open field drop site)

	Application Level (cm)				
	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
Area within contour (m^2)					
- Low drop (<32 m)	0%	+9%	+49%	+67%	+90%
- High drop (>32 m)	+6%	+8%	+30%	+57%	+58%
Pattern length (metres)					
- Low drop	-2m	0m	+5m	+15m	+3m
- High drop	-5m	-6m	+3m	-2m	0m
Pattern length (%)					
- Low drop	-3%	0%	+12%	+54%	+16%
- High drop	-8%	-13%	+10%	-11%	0%
Recovery within contour (%)					
- Low drop	+17%	+24%	+52%	+65%	+79%
- High drop	+13%	+18%	+36%	+58%	+58%
Recovery within contour (%) (As a % of on-board volume)					
- Low drop	+12%	+13%	+20%	+16%	+14%
- High drop	+9%	+9%	+11%	+10%	+6%

Table 5. Metres of line built per drop for single and overlapped multiple drops made by the M-18 using water, Fire-Trol 931, and Poly-Trol 200 (open field drop data)

Application Depth	Water (1634 L)		Fire-Trol 931 (1498 L)		Poly-Trol 200 (1634 L)	
(cm)	Lapped	Single	Lapped	Single	Lapped	Single
0.05	67	67	69	69	65	65
0.10	62	55	59	58	62	61
0.15	58	48	54	50	57	53
0.20	54	46	43	23	45	41
0.25	44	22	34	20	41	35
0.30	37	18	27	16	34	
0.40	30	10	26	14	25	
0.50	21		24		21	
0.60	19		22		18	
0.70	17		17		16	
0.80	16		15		14	
0.90	15		14		13	
1.00	14		13		11	
1.25	11		10		10	

The major differences occur at application level exceeding 0.15 cm. The ability to attain higher levels of application by lapping drops depends wholly on the longitudinal drop distribution as depicted by the single load sketches in Figures 9, 10, and 11.

The primary role of an air tanker is "initial attack" action. Based on this premise, the line building capability of a M-18 for a 90-minute mission was determined for a range of base-to-fire distances for three types of retardants (Table 6). The depths of 0.25 cm water or Poly-Trol 200 and 0.10 cm of Fire-Trol 931 were selected as adequate application levels for effective control of the fire. Fires burning freely beyond 90 min. usually require sustained action which is a secondary role for the air tanker. The decline in productivity due to flying distance is graphically presented in Figure 12. Experimental results place the ratio of equality between water and Fire-Trol 931 at 2.5 to 1[1]. This ratio also applies to Poly-Trol 200 and Fire-Trol 931.

DISCUSSION

Drop characteristics

Variations in the pattern of drops were in part due to rheological properties of those products dropped onto the grid. An elongated multi-island pattern was a common occurrence in all drops but the concentration within these cells was not a reflection of any identifiable product characteristic. Fire-Trol 931 (unthickened) has always been considered to have the same drop characteristics as water yet in all cases the Fire-Trol 931 patterns had one main cell with a very high concentration level (Figure 2) rather than the multi-island distribution of Poly-Trol-200 and water. The specific gravity of Fire-Trol 931 solution was 1.1 compared to 1.0 for water and Poly-Trol 200. The profiles in Figures 3 and 4 exemplify this type of distribution. The foam, of course, behaved very differently.

The foam drop pattern levels in Figure 5 identify the depth of fluid after the foam disintegrated and not the depth of the bubble mass immediately following its subsidence on the ground. Foam depth over the main portion of the drop zone (open field) varied from 3 to 12 cm but it gradually feathered out only in the downwind direction. In the woods, the foam coated trees and vegetation beneath the canopy, including the moss ground cover, to a depth of 2 to 6 cm. Pattern lengths at 0.05 cm for foam and retardants were surprisingly similar provided wind velocities were low. The excessively high deposition noted in Figure 2 for Fire-Trol 931 did not exist at ground level beneath the canopy. The tree crowns redistributed the load and caused it to disperse as a multi-island drop much the same as water and Poly-Trol 200. Recovery at ground level was highest for unthickened Fire-Trol 931 at the 0.05 cm level irrespective of drop site: 92% of the load reached ground in the open field and 29% beneath the spruce canopy. In the open, the recovery volumes of Poly-Trol 200 was 10% less than that of Fire-Trol 931 and 10% more than water. However, beneath the canopy, only

[1]This ratio increases as the water evaporates, and it reaches infinity at the instant the water drop is totally dry. Data on file at PNFI.

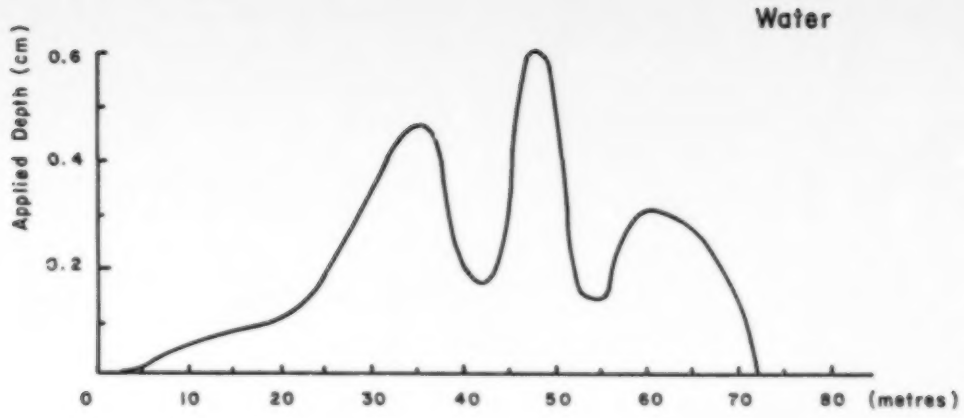


Figure 9. Longitudinal profile depicting recovery depth of water in an open field (drop height, 21 m at speed 145 km/h).

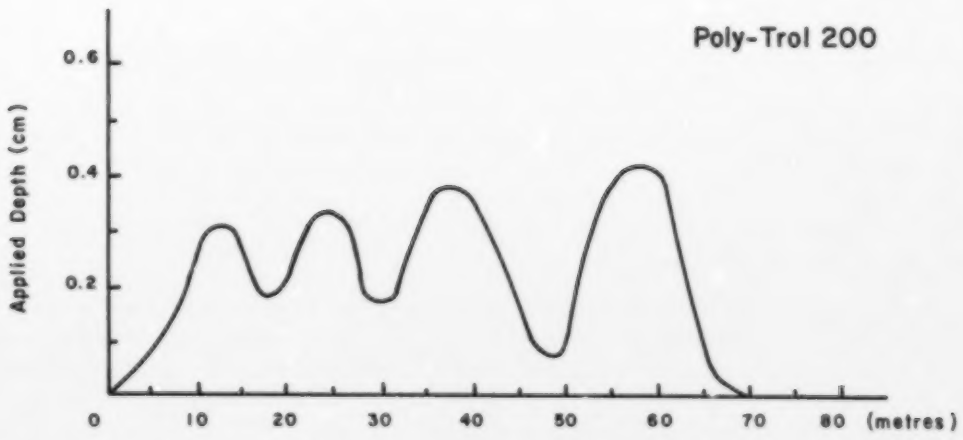


Figure 10. Longitudinal profile depicting recovery depth of Poly-Trol 200 in an open field (drop height, 21 m @ 145 km/h; viscosity 212 mPa·s).

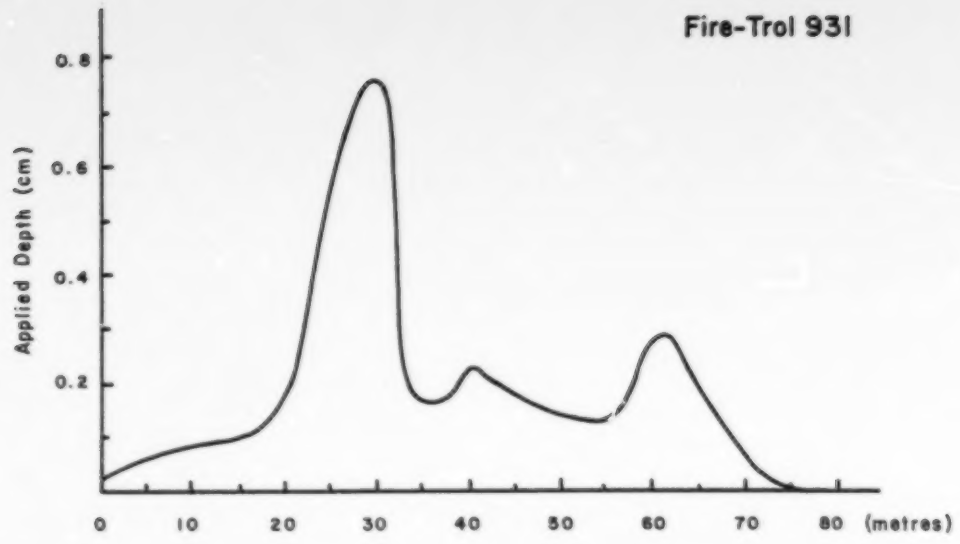


Figure 11. Longitudinal profile depicting recovery depth of unthickened Fire-Trol 931 in an open field (drop height, 18 m at speed 145 km/h; viscosity 100 mPa·s)

13% of the Poly-Trol 200 reached the forest floor as compared to 21% for water and 29% for Fire-Trol 931. The decrease in volume was due primarily to greater adhesion of the cohesive Poly-Trol 200. The canopy intercepted approximately 50% of the water, nearly 70% of the Poly-Trol 200, and slightly more than 60% of the Fire-Trol 931, based on on-board volume.

The increase in air tanker speed from 145 to 160 km/h resulted in longer contours at the 0.05 cm level but shorter ones at the 0.25 cm application depth. This trend was evident irrespective of the material dropped. Air shearing (at 160 km/h) overcame the cohesiveness of Poly-Trol 200 (viscosity = 316 mPa.s) and caused the fluid to erode in much the same way as water and unthickened Fire-Trol 931 (viscosity = 100 mPa.s).

The effects of releasing the payload from higher altitudes were most noticeable in the reduction of coverage at the higher application levels. At the 0.25 cm level, not only were the contour lengths shorter (61%) and the areal coverage smaller (74%) for the water drops, but comparable reductions (43% and 80%, respectively) were also noted for the viscous Poly-Trol 200 fluids (viscosity, 316-392 mPa.s). The losses at the higher application levels appeared as gains at the 0.05 cm level - a level where suppressive benefits are minimal.

The extent of load manipulation due to the use of a water-thickening agent was not as pronounced as expected. The increases attributed to the

Table 6. M-18 Air tanker productivity during 90 minute mission using water, Fire-Trol 931 and Poly-Trol 200

Distance from base (km)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
Getaway time (min)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Travel time (min)	3.2	6.3	9.5	12.6	15.8	19.0	22.1	25.3	28.4	31.6	34.7	37.9	41.1	44.2	47.4	50.5
Time over fire (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Total time (min)	9.6	12.7	15.9	19.0	22.2	25.4	28.5	31.7	34.8	38.0	41.1	44.3	47.5	50.6	53.8	56.9
Return time (min)	4.8	7.9	11.1	14.2	17.4	20.6	23.1	26.9	30.0	33.2	36.3	39.5	42.7	45.8	49.0	52.1
Total cycle time (min)	14.4	20.6	27.0	33.2	39.6	46.0	52.2	58.6	64.8	71.2	77.4	83.8	90.2	96.4	102.8	109.0
Number of cycles	6	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Total flight time (min)	86.4	82.4	81.0	99.6	79.2	92.0	104.4	117.2	64.8	71.2	77.4	83.8	90.2	96.4	102.8	109.0
Fire line built (m)																
- water (0.25 cm, S)*	132	88	66	66	44	44	44	44	22	22	22	22	22	22	22	22
- water (0.25 cm, L)**	242	154	110	110	66	66	66	66	22	22	22	22	22	22	22	22
- PT-200 (0.25 cm, S)	210	140	105	105	70	70	70	70	35	35	35	35	35	35	35	35
- PT-200 (0.25 cm, L)	240	158	117	117	76	76	76	76	35	35	35	35	35	35	35	35
- FT-931 (0.1 cm, S)	343	229	172	172	115	115	115	115	58	58	58	58	58	58	58	58
- FT-931 (0.1 cm, L)	353	235	176	176	117	117	117	117	58	58	58	58	58	58	58	58

*S - Single drops
**L - Lapped drops

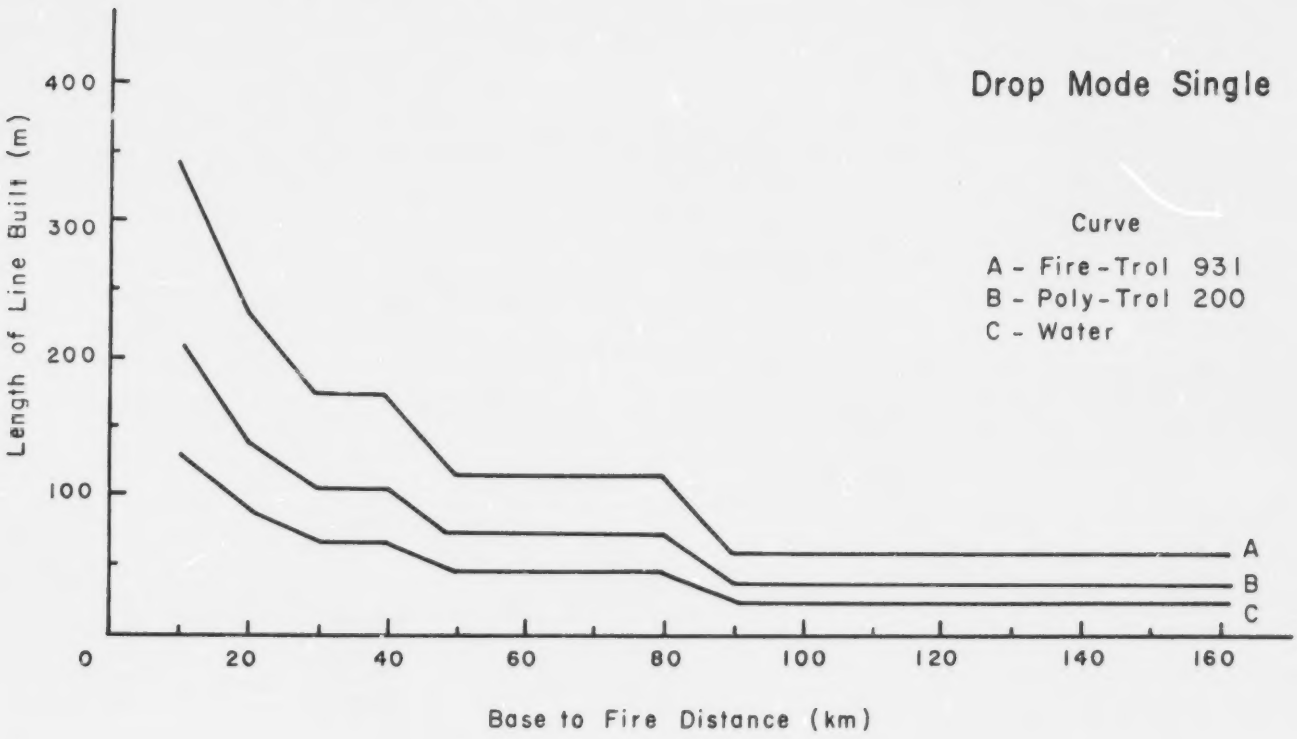


Figure 12. Metres of line built of equivalent effectiveness during 90 minute mission for 10 to 160 km base-to-fire distances using 0.25 cm water and Poly-Trol 200 and 0.10 cm Fire-Trol 931 open field drop pattern contour lengths.

use of Poly-Trol 200 in Table 4 are primarily volume and areal increases within the higher contour levels, especially at the 0.25 cm level. Unfortunately, these increases were the result of a wider pattern, not a longer one. The 0.25 cm contour was 16% (or 3 m) longer for low drops and the same as water for high drops. The cohesive nature of Poly-Trol 200 thickened water was responsible for the higher recovery within all drop contours but failed to elongate these contours.

Productivity in terms of effective line built at the fire depends to a great degree on the proper placement of the loads, one relative to the other. Although delivery of the payload is the pilot's responsibility, his success is commensurate with his knowledge concerning the load's descent and its distribution as it reaches the fuels. Simply linking each drop with the other using color continuity as a guide is wholly inadequate unless the fire is burning at a very low intensity. The metres of line built by perfectly overlapped loads for a range of application levels as predicted in Table 5 were based on data from the drop profiles depicted in Figures 9, 10, and 11. The longitudinal profiles differed in configuration due to the dispersion characteristics of the three fluids: water, Poly-Trol 200 (thickened water), and Fire-Trol 931 treated water. Proper lapping of loads extends the capability of this air tanker and enables it to better control the spread of fire. Not only are higher applications possible but the length of line built is also enhanced. The productivity values in Table 6 for one M-18 operating on a 90 minute mission are indicative of the gains that can be attained by proper placement of loads. These gains in length of line built are greatest when the base-to-fire distance is short. However as haul distances increase, line building capabilities decrease until the flight distance exceeds 80 km. Beyond this limit the air tanker can only deliver one load within the 90 minute period. The curves in Figure 12 more clearly define the rate of productivity decline with distance and can be used to identify the size of the initial attack air tanker fleet to attain a given level of productivity at any specific destination.

The next largest air tanker extensively used in Canada is the S2F Tracker. Although it delivers 55% more long-term retardant per drop, its drop pattern length is similar to that of the M-18 but line production rate is greater because its cruise speed is higher than that of the Dromader (Figure 13). Considering the volume hauled and the cruise speed of the other air tankers, the A-26 and the DC-6B, the Dromader performs very favourably.

RECOMMENDATIONS

The effectiveness of a given drop is dependent on product delivered, air tanker altitude and flying speed, the degree of interception during the loads descent, and the placement of the load. Water, with a viscosity of 1 mPa.s, eroded to a greater degree during descent than either Poly-Trol 200 or Fire-Trol 931, therefore, drop height should be kept to a minimum. The drops were more consistent irrespective of payload when the air tanker flew at lower air speed. The quantity of fluid required to wet the canopy should not be underestimated. Considering that less than 30% of the load reached

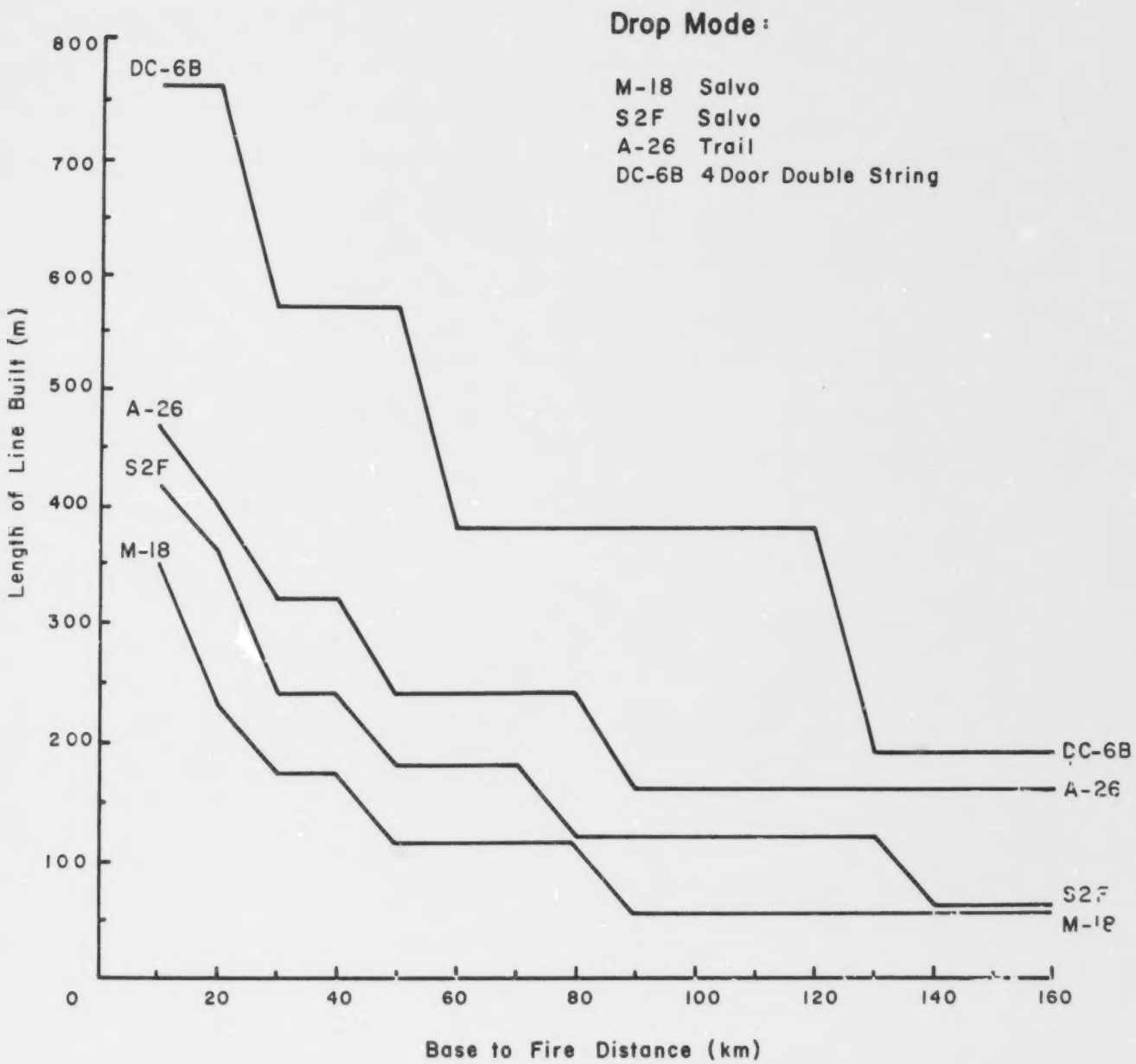


Figure 13. Metres of fire line built with retardant at the 0.1 cm application level during 90 minute mission for 10 to 160 km base to fire distances.

ground level beneath the black spruce stand, the first drop should be used to coat the canopy and only subsequent drops be expected to provide retardation along the ground. The need to overlap respective drops to attain continuity of retardation cannot be overstressed. Because the line length potential of a single drop is relatively short, capabilities of the air tanker can only be extended by adequate load lapping. This will also result in the delivery of higher levels of application. Line building productivity declines rapidly as base-to-fire distances increase; therefore, temporary relocation of air tankers should be considered in order to provide adequate line building capability within specified time limits.

Appendix I

Product Information

I-A

1. Name: Poly-Trol 200

2. Supplier: Chemonics Industries (Canada) Ltd.
   P.O. Box 745
   Kamloops, B.C. V2C 5M4

3. Properties (information provided by the manufacturer):

   a) Liquid concentrate thickener
   b) Specific gravity, 1.055
   c) Viscosity of concentrate, 690 mPa·s (No. 3 at 60 rpm)
   d) Long shelf life even when stored under outdoor conditions
   e) Essentially nontoxic
   f) Rapid hydration rate, <1 min
   g) Strongly affected by water hardness
   h) Viscosity decreases as pH decreases
   i) Dissolves readily at temperatures above 0°C
   j) Temperature influence on viscosity is minimal
   k) Viscosity of 0.50% solution, 475 mPa·s (No. 3 at 60 rpm)

I-B

1. Name: Fire-Trol 931

2. Supplier: Chemonics Industries (Canada) Ltd.
   P.O. Box 745
   Kamloops, B.C. V2C 5M4

3. Properties (information provided by the manufacturer):

   a) Liquid concentrate, ammonium phosphate
   b) Attapulgite clay thickener acts as color carrier
   c) Contains iron oxide coloring
   d) Contains corrosion inhibitors
   e) Recommended mix ratio: 4 parts water to 1 part retardant
   f) Solution viscosity, 50 to 100 mPa·s (No. 2 at 60)

Agriculture Canada
Service canadien des forêts

Agriculture Canada
Canadian Forestry Service

Le Dromader M-18 : son rôle comme avion-citerne

E. Stechishen et G.L. Halicki

Rapport d'information PI-X-40F
Institut forestier national de Petawawa

INSTITUT FORESTIER NATIONAL DE PETAWAWA

L'Institut forestier national de Petawawa (IFNP) a été créé le 1er avril 1970, suite au fusionnement de la Station expérimentale forestière de Petawawa et de deux Instituts établis à Ottawa; celui de l'aménagement forestier et celui de la recherche sur les feux de forêt. En 1980, est venue s'y adjoindre la Direction de la statistique forestière et des systèmes.

Son mandat, comme celui des autres établissements du Service canadien des forêts, est de promouvoir une meilleure gestion et une utilisation plus rationnelle des ressources forestières du Canada, pour le bien économique et social de tous les Canadiens. En tant qu'Institut national, il doit s'attacher à des problèmes qui débordent le cadre régional ou qui nécessitent des compétences particulières de même qu'un équipement coûteux, non disponible aux installations régionales du Service canadien des forêts. La plupart du temps, ses recherches sont effectuées en étroite collaboration avec le personnel des centres régionaux ou des services forestiers des provinces.

L'Institut mène en parallèle deux programmes de recherche:

RECHERCHES SUR LES FEUX ET EN TÉLÉDÉTECTION. D'immenses étendues de terres forestières productives sont ravagées chaque année au Canada par les feux de forêt. Les recherches portent sur le comportement des feux de forêt, sur de nouvelles méthodes pour les combattre. Elles s'attardent aussi à l'évaluation de matériel d'extinction et de retardateurs. Elles s'intéressent encore au développement de systèmes informatisés de défense contre les incendies, systèmes que ne tardent pas à utiliser les organismes qui, à travers le pays, luttent contre les feux. Quel est l'impact des feux de forêt sur l'environnement et l'économie et comment, en sylviculture, tirer parti du feu pour un aménagement intensif des forêts, demeurent aussi la préoccupation des chercheurs.

En télédétection, la recherche veut exploiter les récentes techniques aéroportées et spatiales. À cet égard, ARIES, le système de traitement des images numériques s'avère des plus intéressants.

AMÉNAGEMENT INTENSIF DES FORÊTS. Alors que le Canada accentue ses efforts d'aménagement forestier pour répondre à une hausse prévue de la demande de bois, le rôle de ce programme d'aménagement à l'Institut prendra de plus en plus d'importance. Nul doute qu'un vaste programme de régénération intensive va nécessiter un approvisionnement sûr en semences de haute qualité des espèces voulues. En vue de constituer un meilleur stock de matériel sur pied, des recherches pour l'amélioration génétique des arbres forestiers sont grandement souhaitables. Si l'utilisation accrue de toute la partie aérienne de l'arbre (la biomasse) reste un objectif à atteindre, il faudra cependant étudier avec soin son incidence sur l'environnement; et l'on devra faire de même pour toute autre forme d'aménagement intensif. Des méthodes bio-technologiques permettant d'accroître le rendement tout en maintenant la productivité sont aussi à l'étude.

Pour mener à bien ses programmes de recherche, l'Institut dispose d'une superficie forestière de 98 km² dans la partie ouest de la réserve militaire de Petawawa. Il conserve, depuis les années 20, les registres des expériences et depuis cette même époque ne cesse d'aménager des placettes d'échantillonnage. La forêt sert également de laboratoire pour les écoles de la région. De plus, un centre d'accueil reçoit des visiteurs tout au long de l'été.

La Direction de la statistique forestière et des systèmes (DSFS), établie à l'Institut, est chargée de recueillir et de publier les données sur les ressources forestières du Canada. L'entremise du comité de l'inventaire des forêts, formé de responsables du fédéral et des provinces, facilite grandement ses rapports avec les organismes forestiers provinciaux pour améliorer et uniformiser les données sur ces ressources.

Par l'intermédiaire du programme FORSTATS, qui implique tous les centres régionaux du Service canadien des forêts, la DSFS coordonne, au sein de ce Service, la cueillette et la publication de statistiques nationales sur les forêts du Canada.

À tous les cinq ans, elle publie un inventaire des forêts du Canada. Ce rapport officiel renseigne sur les lieu, superficie, espèce et état de nos forêts. Ses nombreux contacts avec les provinces visent aussi à réunir le plus de données possibles sur les perturbations survenues en forêt: feux, récoltes, insectes, maladies, et opérations d'aménagement. Ces données sont essentielles pour planifier des stratégies à même de favoriser l'aménagement de cette ressource naturelle renouvelable et combien importante.

LE DROMADER M-18: SON RÔLE COMME AVION-CITERNE

Rapport d'information PI-X-40F

E. Stechishen, G.L. Halicki

Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Agriculture Canada
1984

©Ministre des Approvisionnements et des Services
du Canada, 1984
N° de catalogue Fo46-11/40-1984F
ISSN 0228-0736
ISBN 0-662-92827-X

On peut obtenir d'autres exemplaires du:

Centre d'information technique et de distribution
Institut forestier national de Petawawa
Service canadien des forêts
Agriculture Canada
Chalk River (Ontario)
K0J 1J0

This publication is also available in English under the title: **The Dromader M-18 aircraft: Its role as an air tanker.**

Table des matières

v Résumé/Abstract

1 Introduction

2 Méthodes et résultats

11 Charge et paramètres de largage
13 Performance

13 Discussion

13 Charactéristiques de largage

21 Recommandations

22 Annexe I

Tableaux

11 1. Pourcentage estimatif du volume largué retrouvé au sol dans la lame de 0,05 cm d'épaisseur
12 2. Effets de la vitesse de l'avion sur la configuration au sol (sur terrain à découvert) du produit largué
12 3. Effets de la hauteur de largage sur la répartition du produit, sur terrain à découvert, avec de l'eau épaissie et non épaissie (comparaison de deux largages réalisés à 160 km/h)
14 4. Variations de la répartition au sol et du volume retrouvé du produit largué attribuables à l'emploi de Poly-Trol 200 comme épaississant (largage sur terrain à découvert)
14 5. Longueur, en mètres, de ligne d'arrêt déployée par largage d'eau, de Fire-Trol 931 et de Poly-Trol 200 (sur un terrain à découvert) au moyen d'un largage simple ou de largages répétés (recouvrement)
17 6. Performance du M-18 au cours d'une mission de 90 min, suite au largage d'eau, de Fire-Trol 931 et de Poly-Trol 200

Figures

3 1. Grille de localisation des récipients collecteurs.
4 2. Configuration au sol, en terrain découvert, du Fire-Trol 931 largué.
5 3. Configuration au sol, en terrain découvert, du Poly-Trol 200 largué.

4. Configuration au sol, en terrain découvert, de l'eau larguée.

5. Configuration au sol, en terrain découvert, de la mousse larguée.

6. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, du Fire-Trol 931 largué.

7. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, du Poly-Trol 200 largué.

8. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, de l'eau larguée.

9. Profil longitudinal de la lame d'eau larguée sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 21 m et à la vitesse de 145 km/h).

10. Profil longitudinal de la lame de Poly-Trol 200 largué sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 21 m et à la vitesse de 145 km/h; viscosité: 212 mPa.s).

11. Profil longitudinal de la lame de Fire-Trol 931 non épaissi sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 18 m et à la vitesse de 145 km/h; viscosité: 100 mPa.s).

12. Longueur, en mètres, de ligne d'arrêt d'efficacité équivalente déployée sur un terrain à découvert, au moyen de 0,25 cm d'eau et de Poly-Trol 200 et de 0,10 cm de Fire-Trol 931 au cours d'une mission de 90 min, pour des distances de 10 à 160 km entre la base et l'incendie.

13. Longueur, en mètres, de ligne d'arrêt déployée au moyen de 0,1 cm de retardateur au cours d'une mission de 90 min, pour des distances de 10 à 160 km entre la base et l'incendie.

Résumé

On a analysé les données sur le processus de largage d'eau, de Poly-Trol 200 et de Fire-Trol 931 dans un champ à découvert et dans des peuplements d'épinettes noires par l'avion-citerne Dromader M-18. On a mesuré les effets de la vitesse de l'avion-citerne et de l'altitude du largage sur la répartition de la charge. La performance du largage fut mesurée par la longueur en mètres de ligne établie.

Une éventuelle utilisation de cet avion-citerne comme épandeur de mousse ignifuge a été étudiée à partir de largages dans une zone dénudée, une zone boisée et dans des zones de rémanents.

Abstract

Data analyses were made of the water, Poly-Trol 200 and Fire-Trol 931 drop patterns in open field and black spruce stand sites for the Dromader M-18 air tanker. The effects of air tanker speed and drop height on load distribution were evaluated and the productivity per drop was determined in terms of metres of line built.

The potential for using this air tanker as a foam delivery vehicle was determined from observations of drops made in an open field, standing timber, and cut-over slash areas.

LE DROMADER M-18: SON RÔLE COMME AVION-CITERNE

INTRODUCTION

C'est en 1980 que le Dromader M-18 a été introduit au Canada comme avion-citerne. Fabriqué en Pologne et destiné surtout à un usage agricole, il a pu, grâce à l'installation d'une grande trappe et d'une connexion Kamlock pour le remplissage, se transformer facilement en avion-citerne basé à terre. Il s'agit d'un monoplan monomoteur, à aile basse, doté d'un réservoir d'une capacité de 2500 litres qui, plein d'eau, peut se vider en environ 1,2 s. Il peut décoller et atterrir sur le tarmac, le sable, le gravier ou l'herbe.

Six de ces avions sont utilisés pour combattre les incendies au Nouveau-Brunswick. Au cours des étés de 1981 et de 1982, le Service canadien des forêts et le ministère des Ressources naturelles de la province ont réalisé des essais en collaboration pour déterminer l'efficacité de l'avion pour le largage d'eau, de mousse, de Poly-Trol 200, ou de Fire-Trol 931 non épaissi.

Chez tout avion-citerne, les caractéristiques intrinsèques du réservoir et du système d'ouverture de la trappe influent partiellement sur la répartition au sol de la charge larguée. Cette répartition varie aussi selon la hauteur de largage, la vitesse de vol, les propriétés rhéologiques de la charge et les conditions atmosphériques, surtout la direction et la force du vent, au cours de la chute de la charge. Pour chaque type d'avion, le largage donne une distribution au sol unique et caractéristique d'un ensemble donné de conditions, c'est-à-dire, sur terrain à découvert ou en forêt.

La quantité de retardateur ou d'agent d'extinction nécessaire pour arrêter la propagation de l'incendie dépend du comportement et de l'intensité du feu. L'Institut forestier national de Petawawa a mis au point des guides pour la riposte contre de petits feux dans quatre types de rémanents. Toutefois, on ne peut pas évaluer l'efficacité de la riposte des M-18 tant que la répartition de sa charge au sol ne sera pas déterminée. Comme l'avion n'avait jamais servi en Amérique du Nord et que les autorités polonaises n'avaient fourni aucun renseignement utile, il fallait une série de tests de largage pour déterminer la

*La mention de produits ne constitue pas un endossement de leur utilisation. Nous avons préféré utiliser ces produits, mais les produits concurrents peuvent être aussi efficaces.

E. Stechishen est chercheur à l'Institut forestier national de Petawawa et G.L. Halicki est un étudiant qui l'a assisté.

Manuscrit approuvé pour publication le 11 juillet 1984.

répartition des retardateurs et des agents d'extinction courants au sol.

Les essais de largage ont été réalisés en deux endroits, à découvert et au-dessus d'un peuplement d'épinettes noires à maturité. L'effet des diverses variables a été déterminé à partir de la répartition des produits sur le terrain à découvert, tandis que les effets de l'interception par le couvert forestier sur le volume touchant le sol ont été mesurés grâce aux essais au-dessus de la pessière.

MÉTHODES ET RÉSULTATS

L'échantillonnage se fait par des récipients de réception disposés selon un quadrillage. C'est une technique fort utilisée au Canada et aux Etats-Unis depuis les années 60. Toutefois, l'étendue du quadrillage et l'espacement entre les récipients a toujours été à la discrétion du chercheur.

Le quadrillage à découvert mesurait 43 m de largeur et 104 m de longueur. Les récipients, d'un diamètre de 7,3 cm, étaient situés aux noeuds (distants de 6,1 m) et à des distances intermédiaires, comme le montre la figure 1.

Dans la pessière, le quadrillage mesurait 30,5 m de largeur sur 61 m de longueur; les récipients étant distants de 3 m; ce réseau plus serré était rendu nécessaire pour compenser l'interception des produits et leur redistribution par les houppiers. La hauteur moyenne du peuplement (Picea mariana (Mill.) B.S.P.) était de 19 m, et la fermeture du couvert était estimée à 30 %. La répartition et l'importance des épinettes et de l'étage arbustif variaient dans l'ensemble. Le sous-étage a été conservé tel quel même s'il surplombait certains récipients. L'interception due au sous-étage a été englobée dans celle du couvert.

Les paramètres météorologiques ont été mesurés sur place. La hauteur de largage et la vitesse de l'avion ont été prédéterminées; néanmoins, la hauteur véritable devait être mesurée de visu, chaque fois à l'instant précis du largage; à cette fin, on a utilisé un altimètre portatif Haga.

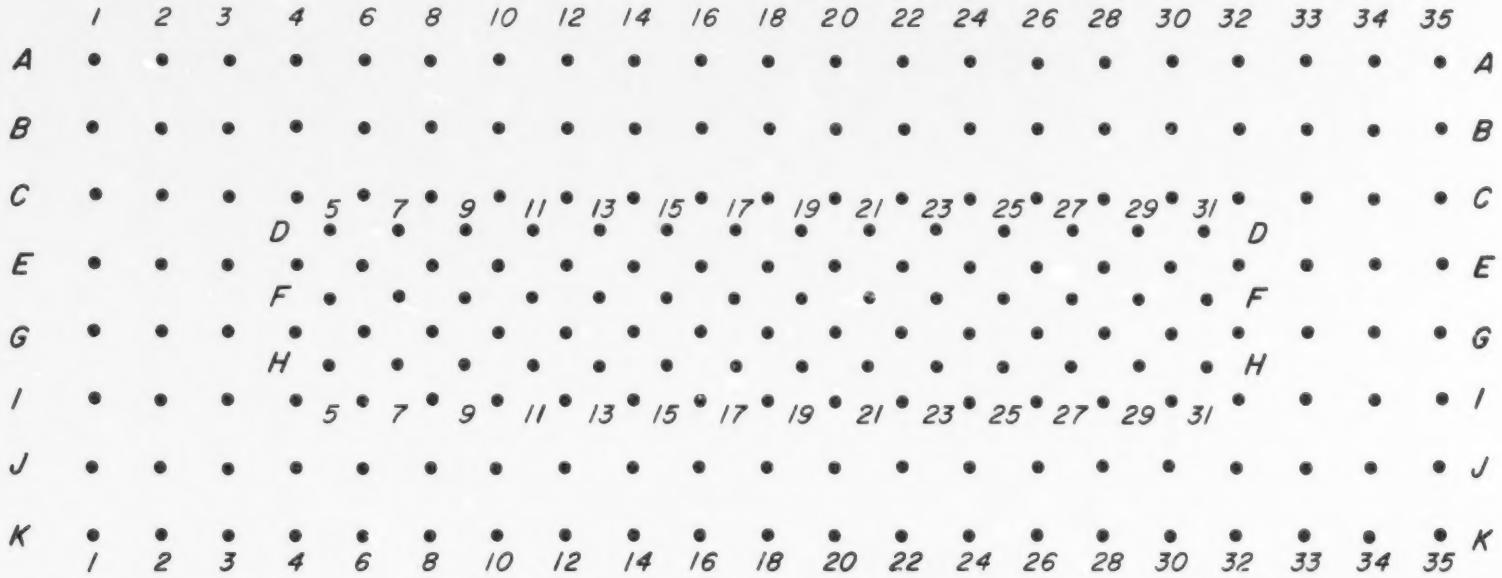
À la fin de chaque essai, les récipients ont été fermés, emportés à l'intérieur pour être pesés et leur contenu net a été transformé en centimètres de lame de produit, grandeur qui a ensuite été portée sur un diagramme aux points correspondants du quadrillage. Les points d'égale hauteur ont été reliés par un trait (courbe de niveau) pour déterminer l'épaisseur de la lame larguée, par pas de 0,05 ou de 0,10 cm, selon l'espacement des courbes. Les courbes des figures 2 à 8 montrent les variations de la répartition des produits causées par leurs propriétés rhéologiques, l'interception, la vitesse de l'avion, la hauteur de largage et les paramètres météorologiques. Au tableau 1, on

GRILLE DE LOCALISATION DES RÉCIPIENTS
COLLECTEURS (43 m x 104 m)

TEST N° .....

Heure .....
Date .....
Température .....
Humidité relative .....
Vent (vitesse) .....
Vent (direction) .....

Avion .....
Vitesse (de l'avion) .....
Altitude .....
Litres .....
Remarques .....



Échelle 1 cm = 6,1 m

Figure 1. Grille de localisation des récipients collecteurs.

TEST N° 9

Direction de l'avion ⟶ 200°

DROMADER

23 juillet 1981	18h52 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	22,5°C
Humidité relative	45 %
Vent sur place	3,7 km/h
Vitesse de l'avion	160 km/h
Altitude	19 m
Volume largué	1498 L
Charge	FT-931
Viscosité	100 mPa.s

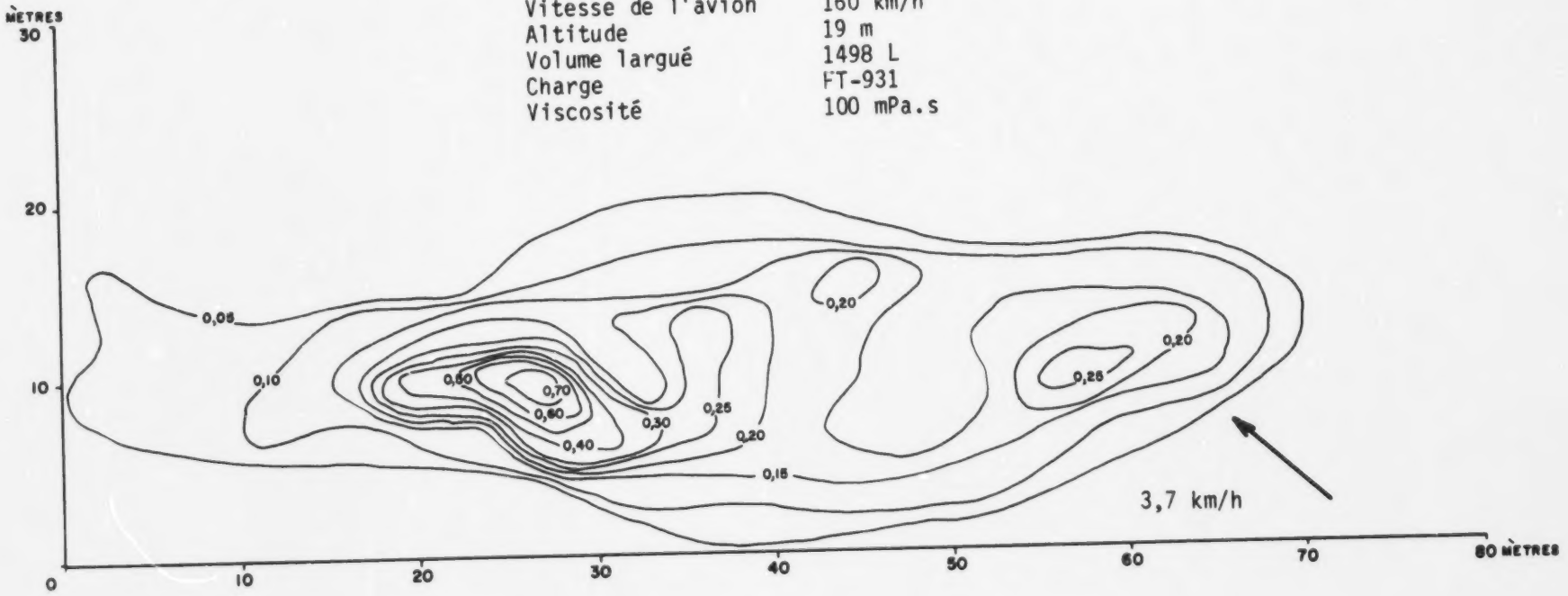


Figure 2. Configuration au sol, en terrain découvert, du Fire-Trol 931 largué.

TEST N° 82-16

Direction de l'avion ←——— 20°

DROMADER

24 juillet 1981	14h50 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	25°C
Humidité relative	48 %
Vent sur place	3,9 km/h
Vitesse de l'avion	160 km/h
Altitude	26 m
Volume largué	1680 L
Charge	PT-200
Viscosité	316 mPa.s

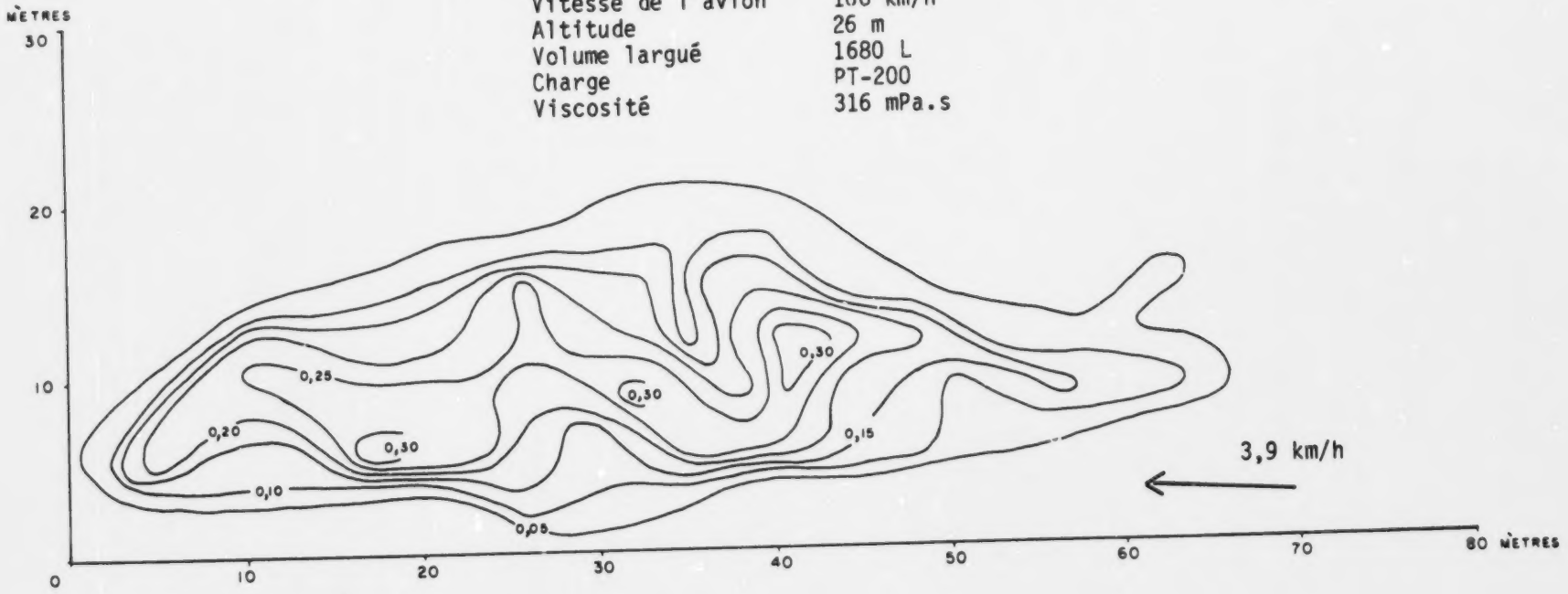


Figure 3. Configuration au sol, en terrain découvert, du Poly-Trol 200 largué.

TEST N° 82-5

Direction de l'avion ⟶ 200°

DROMADER

19 juillet 1981	9h15 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	28°C
Humidité relative	75 %
Vent sur place	8,9 km/h
Vitesse de l'avion	160 km/h
Altitude	24 m
Volume largué	1634 L
Charge	H_2O

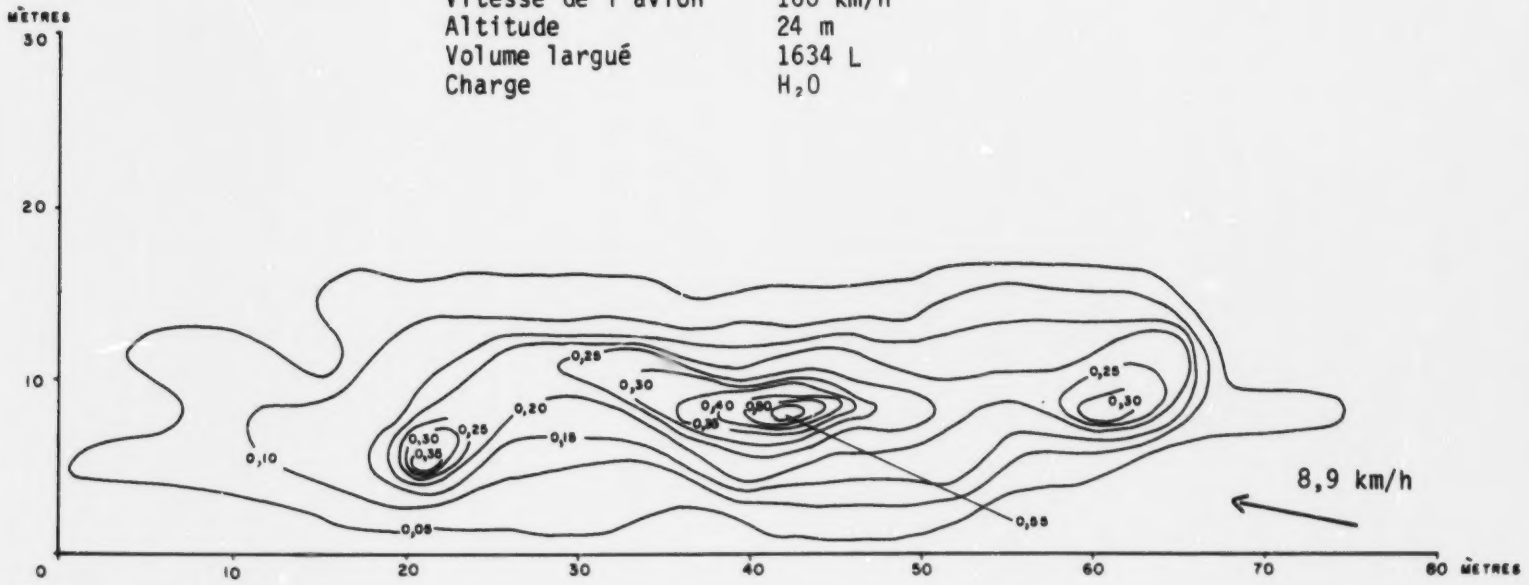


Figure 4. Configuration au sol, en terrain découvert, de l'eau larguée.

TEST N° 82-2

Direction de l'avion 200°

DROMADER

16 juillet 1981	19h43 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	28°C
Humidité relative	59 %
Vent sur place	5,3 km/h
Vitesse de l'avion	160 km/h
Altitude	34 m
Volume largué	1616 L
Charge	LORCON MID-EX

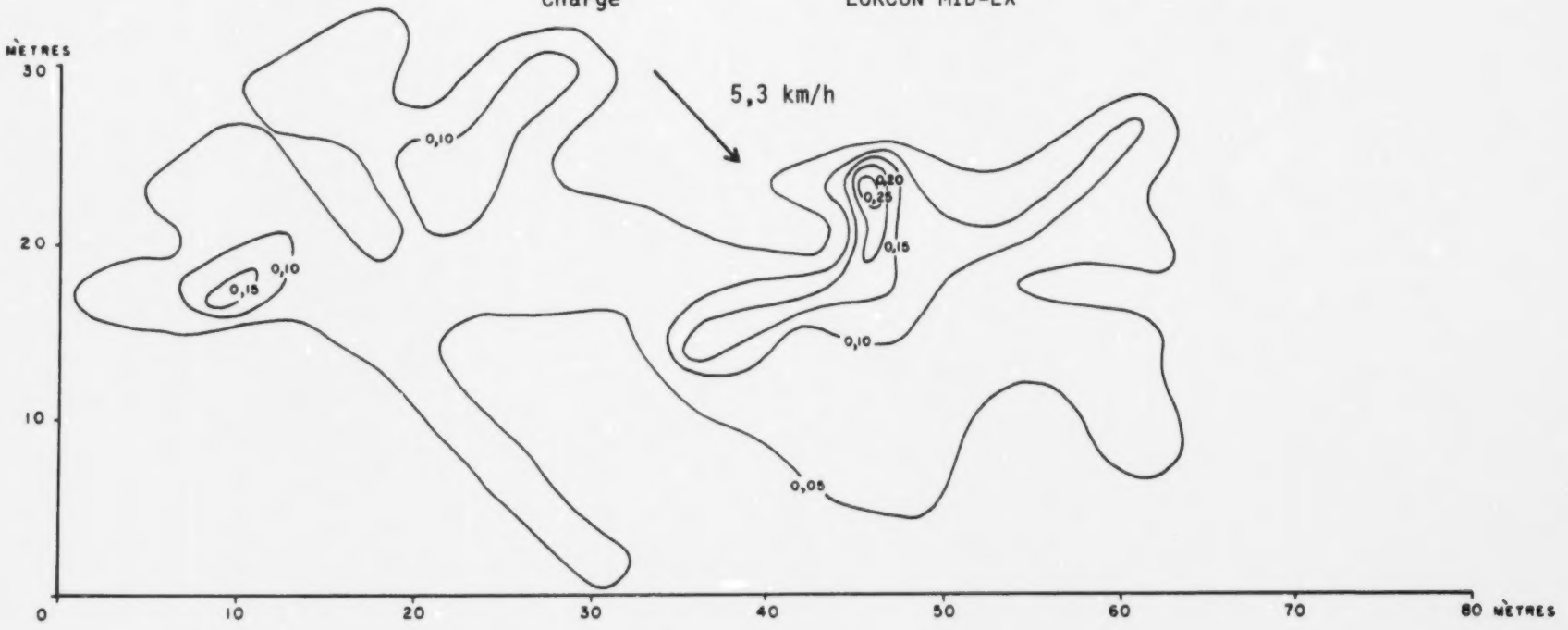


Figure 5. Configuration au sol, en terrain découvert, de la mousse larguée.

TEST N° T-2

Direction de l'avion ——→ 80°

DROMADER

25 juillet 1981	9h33 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	22°C
Humidité relative	61 %
Vent sur place	4,7 km/h
Vitesse de l'avion	145 km/h
Altitude	29 m
Volume largué	1489 L
Charge	FT-931
Viscosité	48 mPa.s

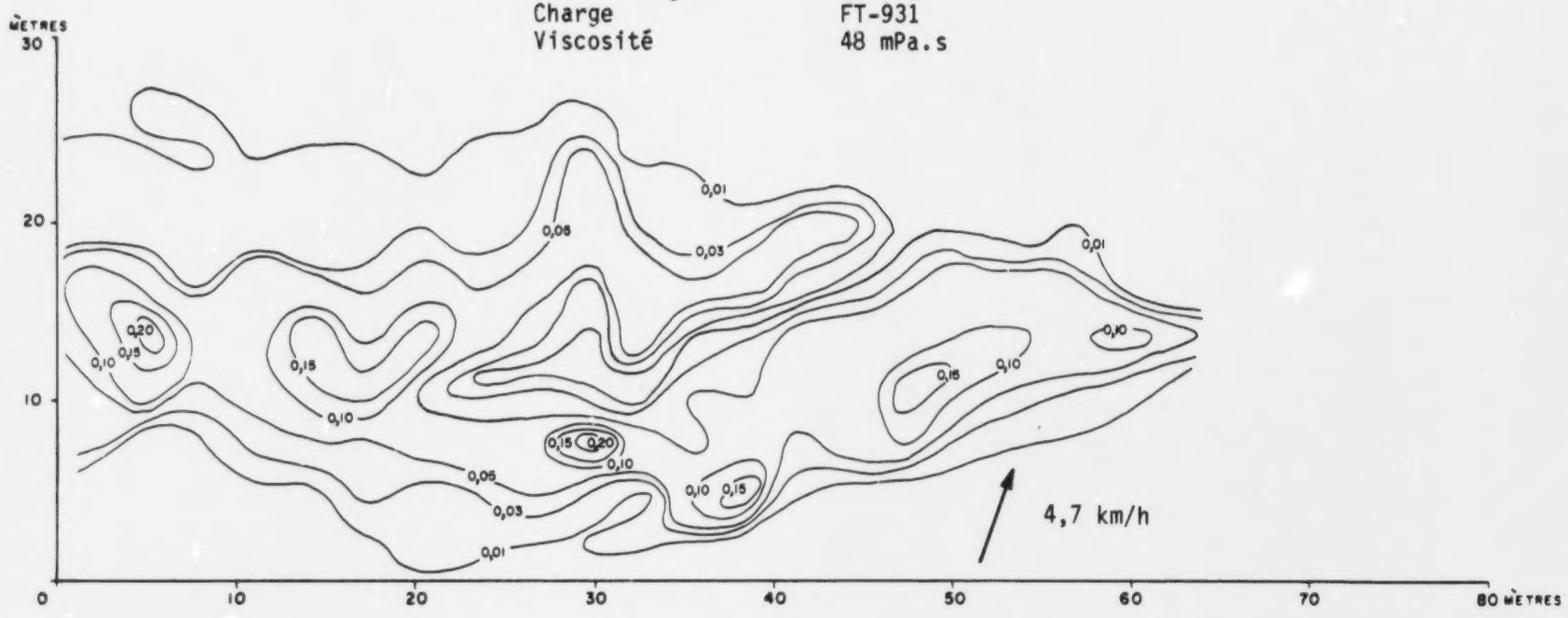


Figure 6. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, du Fire-Trol 931 largué.

TEST N° T-5

Direction de l'avion ——→ 80°

DROMADER

1 septembre 1981	19h45 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	21°C
Humidité relative	71 %
Vent sur place	1 km/h
Vitesse de l'avion	145 km/h
Altitude	24 m
Volume largué	1634 L
Charge	PT-200
Viscosité	328 mPa.s

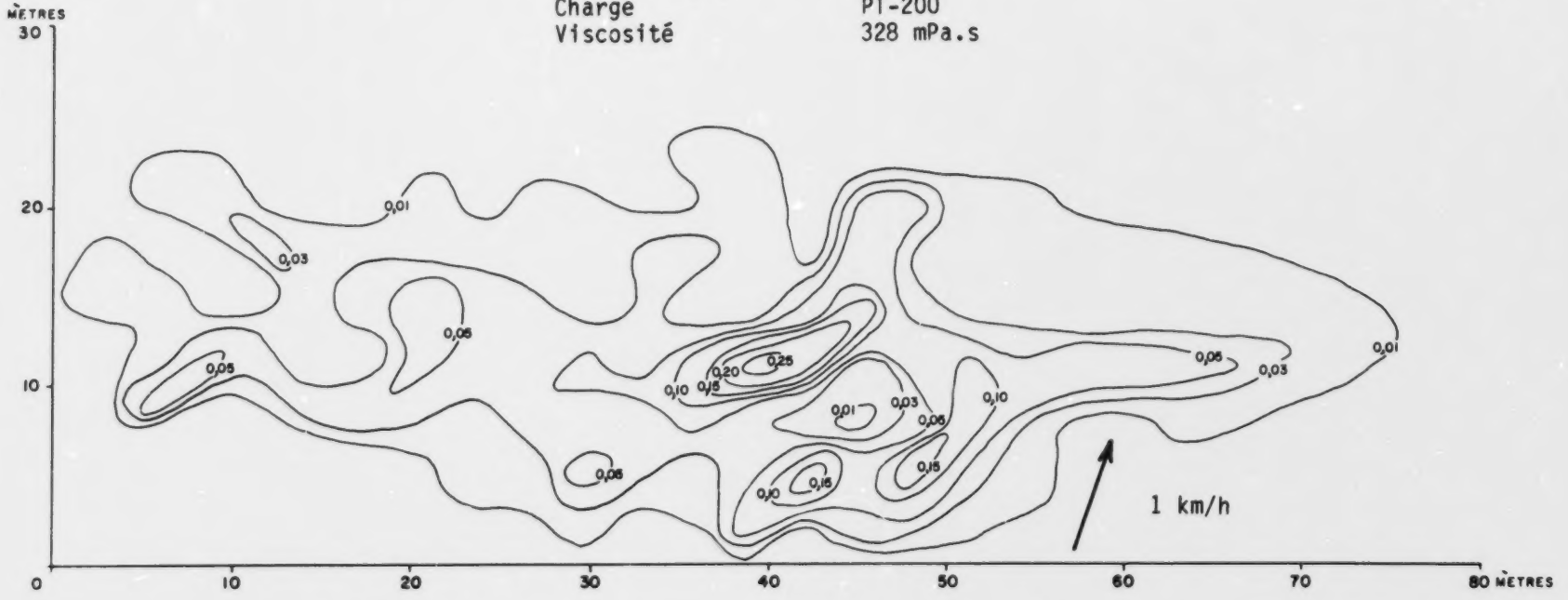


Figure 7. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, du Poly-Trol 200 largué.

TEST N° T-1

Direction de l'avion ——→ 80°

DROMADER

24 juillet 1981	19h55 HAA (heure avancée de l'Atlantique)
Température	24°C
Humidité relative	50 %
Vent sur place	0 km/h
Vitesse de l'avion	145 km/h
Altitude	32 m
Volume largué	1634 L
Charge	H_2O

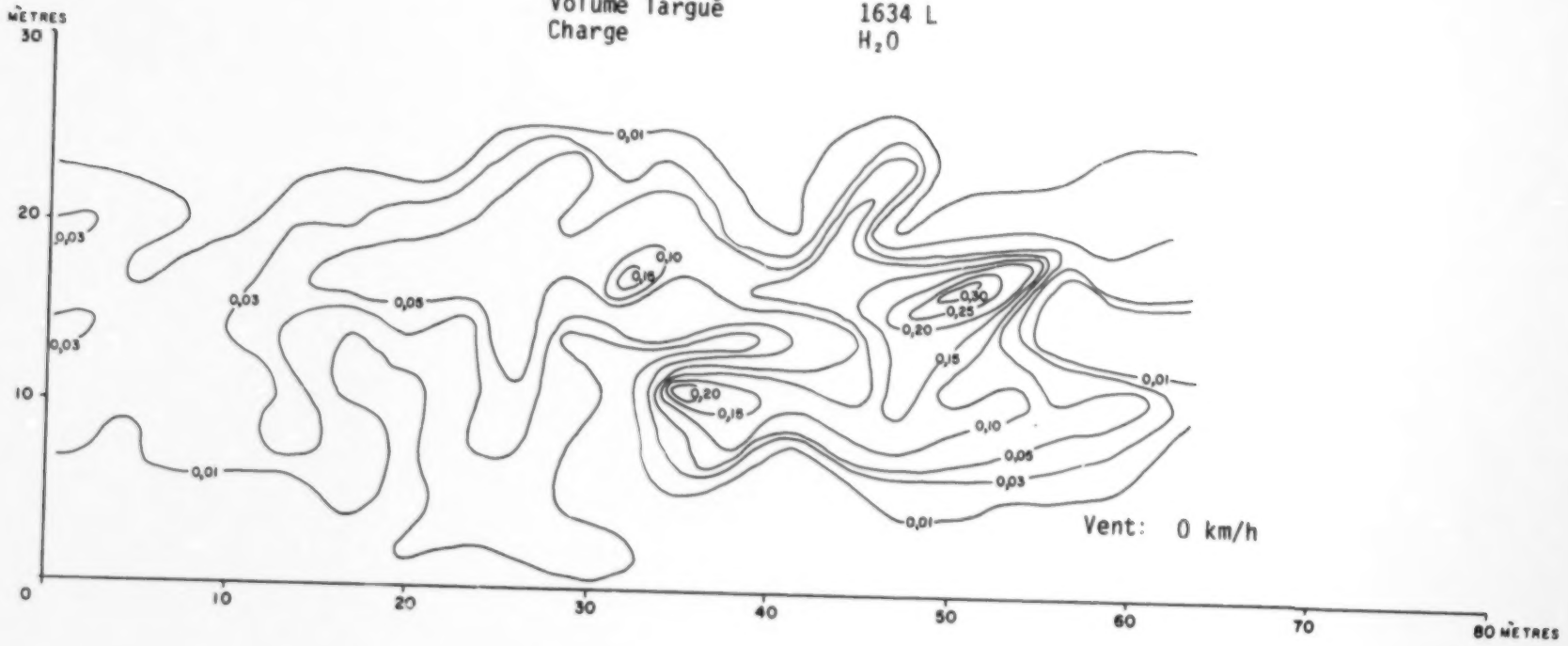


Figure 8. Configuration au sol, dans un peuplement d'épinettes noires, de l'eau larguée.

résume les données concernant les volumes largués retrouvés au sol.

Charge et paramètres de largage

Les quatre agents largués étaient l'eau, le Poly-Trol 200, le Fire-Trol 931, et la mousse. On a aussi utilisé des additifs moussants de puissance moyenne et faible, et aux caractéristiques diverses. Le Lorcon Mid-Ex a été largué sur le terrain à découvert, le même produit et le Lorcon AFFF ont été largués en forêt et sur des rémanents. Les caractéristiques du revêtement formé et leur stabilité ont été déterminées visuellement et notées.

Habituellement, la vitesse de l'avion a été de 160 km/h, mais dans certains cas, on l'a fixée à 145 km/h afin de déterminer les différences de répartition causées par les variations de la vitesse de vol (tableau 2).

Les conclusions tirées des observations visuelles du largage d'eau épaissie au Poly-Trol 200 ont confirmé la théorie que la dispersion diminuait en raison inverse de la viscosité du liquide, mais on ne possédait aucune donnée quantitative pour les étayer. Pour mesurer les différences observées, des essais parallèles de largage d'eau et de PT-200 ont été réalisés à des hauteurs situées entre 24 et 40 m (tableau 3).

Tableau 1. Pourcentage estimatif du volume largué retrouvé au sol dans la lame de 0,05 cm d'épaisseur

	Pourcentage retrouvé		
	Eau	PT-200	FT-931
À découvert:			
- largage haut	72	82	-
- largage bas	69	81	92
Sous le couvert:	21	13	29

Tableau 2. Effets de la vitesse de l'avion sur la configuration au sol (sur terrain à découvert) du produit largué

Charge et facteur	Vitesse de vol 145 km/h		160 km/h	
	Épaisseur de la lame (cm)			
	0,05	0,25	0,05	0,25
Eau				
- superficie de la lame (m^2)	735	120	813	96
- longueur de la lame (m)	61	24,8*	67	18
- volume retrouvé correspondant (L)	1166	380	1225	325
Poly-Trol 200				
- superficie de la lame (m^2)	790	178	808	157
- longueur de la lame (m)	52	14,14,10*	65	35
- volume retrouvé correspondant (L)	1451	566	1230	430
Fire-Trol 931				
- superficie de la lame (m^2)	841	115	871	96
- longueur de la lame (m)	65	18,22*	70	5,20*
- volume retrouvé correspondant (L)	1360	439	1390	377

*Solutions de continuité.

Tableau 3. Effets de la hauteur de largage sur la répartition du produit, sur terrain à découvert, avec de l'eau épaissie et non épaissie (comparaison de deux largages réalisés à 160 km/h)

Charge	Hauteur de largage (m)	Épaisseur de la lame (m)	Superficie de la lame (m^2)	Longueur de la lame (m)	Volume retrouvé correspondant (L)
Eau	24	0,05	813	67	1225
		0,25	96	18	325
	40	0,05	977	71	1140
		0,25	25	7	70
Poly-Trol 200*	26	0,05	789	65	1230
		0,25	152	35	430
	38	0,05	1002	66	1250
		0,25	30	7,8,5**	80

*Viscosité de 316 et de 354 mPa.s, respectivement.
**Solutions de continuité.

Plutôt que de les donner un à un pour chaque largage, c'est-à-dire, eau comparativement au Poly-Trol 200, on a réuni les résultats en deux groupes: ceux des largages bas (à moins de 32 m) et ceux des largages hauts (à plus de 32 m). Les critères de détermination des conséquences de l'utilisation d'une eau épaissie, comparativement à de l'eau seule ont été les variations de superficie des lames de 0,05 à 0,25 cm d'épaisseur, celles de la longueur des superficies correspondantes et celles du volume retrouvé correspondant (tableau 4).

Performance

La performance (nombre de mètres de ligne qui arrête efficacement la propagation d'incendies d'intensité moyenne dont le maximum varie entre 300 et 800 kW/m, selon le type de combustible) mesurée suite à un seul largage qui recouvre faiblement (moins de 0,15 cm) une longueur de terrain ne s'écarte pas considérablement de celle qu'on obtient suite à des largages répétés (tableau 5). L'écart est le plus important lorsque la lame dépasse 0,15 cm. La possibilité d'épandre une lame plus épaisse par recouvrement des largages dépend entièrement de la répartition longitudinale du produit largué, comme le montrent les schémas de répartition de largages simples des figures 9, 10 et 11.

L'utilité première d'un avion-citerne est l'attaque initiale. Ceci posé, on a déterminé l'aptitude d'un M-18 à déployer, avec trois types de retardateurs, une ligne d'arrêt pendant une mission de 90 min pour un intervalle de distances entre sa base et l'incendie (tableau 6). On a retenu comme convenables pour la défense contre l'incendie des épaisseurs de lames de 0,25 cm d'eau ou de Poly-Trol 200 et de 0,10 cm de Fire-Trol 931. Les feux qu'on laisse brûler au-delà de 90 min exigent habituellement une répression soutenue, ce qui constitue un rôle secondaire pour les avions-citernes. La baisse de la performance en fonction de la distance à voler est montrée graphiquement à la figure 12. D'après les résultats expérimentaux, le rapport d'égalité entre l'eau et le Fire-Trol 931 se situe à 2,5 à 1[1]. Ce rapport est le même entre le Poly-Trol 200 et le Fire-Trol 931.

DISCUSSION

Caractéristiques de largage

Les variations de la répartition au sol des produits largués dépendent en partie des propriétés rhéologiques. Dans tous les cas, on a souvent observé une répartition au sol en constellation de noyaux lenticulaires. Cependant, la concentration à l'intérieur de ces noyaux ne traduisait aucune caractéristique identifiable des produits. Le Fire-Trol 931 (non épaissi) a toujours été considéré comme ayant les mêmes caractéristiques de largage

[1]Ce rapport augmente à mesure que l'eau s'évapore et il atteint l'infini lorsque l'évaporation est totale. Données archivées à l'IFNP.

Tableau 4. Variations de la répartition au sol et du volume retrouvé du produit largué attribuables à l'emploi de Poly-Trol 200 comme épaississant (largage sur terrain à découvert)

	Épaisseur de la lame (cm)				
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
Superficie de la lame (m^2)					
- Largage bas (<32 m)	0%	+9%	+49%	+67%	+90%
- Largage haut (>32)	+6%	+8%	+30%	+57%	+58%
Longueur de la lame (m)					
- Largage bas	-2m	0m	+5m	+15m	+3m
- Largage haut	-5m	-6m	+3m	-2m	0m
Longueur de la lame (%)					
- Largage bas	-3%	0%	+12%	+54%	+16%
- Largage haut	-8%	-13%	+10%	-11%	0%
Volume retrouvé correspondant (%)					
- Largage bas	+17%	+24%	+52%	+65%	+79%
- Largage haut	+13%	+18%	+36%	+58%	+58%
Volume retrouvé correspondant (%) (comme % du volume transporté)					
- Largage bas	+12%	+13%	+20%	+16%	+14%
- Largage haut	+9%	+9%	+11%	+10%	+6%

Tableau 5. Longueur, en mètres, de ligne d'arrêt déployée par largage d'eau, de Fire-Trol 931 et de Poly-Trol 200 (sur un terrain à découvert) au moyen d'un largage simple ou de largages répétés (recouvrement)

Épaisseur de la lame	Eau (1634 L)		Fire-Trol 931 (1493 L)		Poly-Trol 200 (1634 L)	
(cm)	Recouvrement	Largage simple	Recouvrement	Largage simple	Recouvrement	Largage simple
0,05	67	67	69	69	65	65
0,10	62	55	59	58	62	61
0,15	58	48	54	50	57	53
0,20	54	46	43	23	45	41
0,25	44	22	34	20	41	35
0,30	37	18	27	16	34	
0,40	30	10	26	14	25	
0,50	21		24		21	
0,60	19		22		18	
0,70	17		17		16	
0,80	16		15		14	
0,90	15		14		13	
1,00	14		13		11	
1,25	11		10		10	

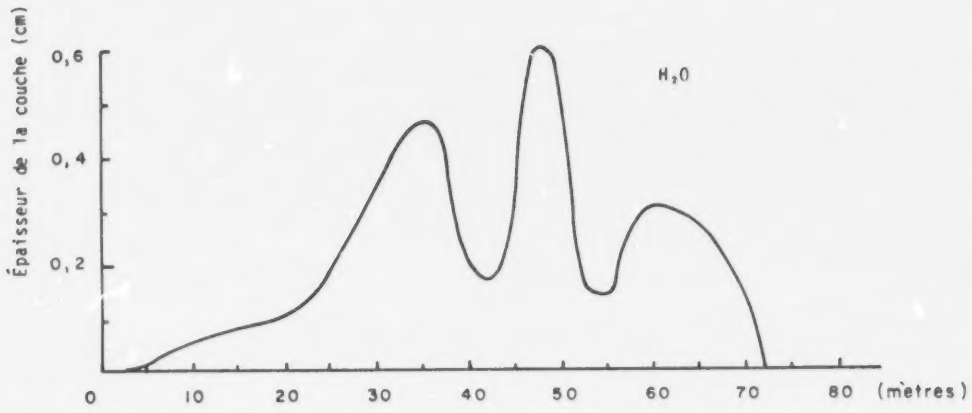


Figure 9. Profil longitudinal de la lame d'eau larguée sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 21 m et à la vitesse de 145 km/h).

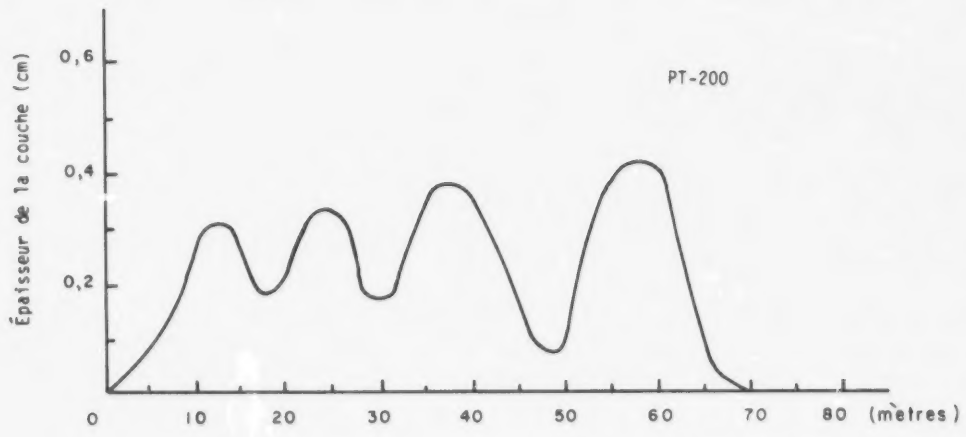


Figure 10. Profil longitudinal de la lame de Poly-Trol 200 largué sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 21 m et à la vitesse de 145 km/h; viscosité: 212 mPa.s).

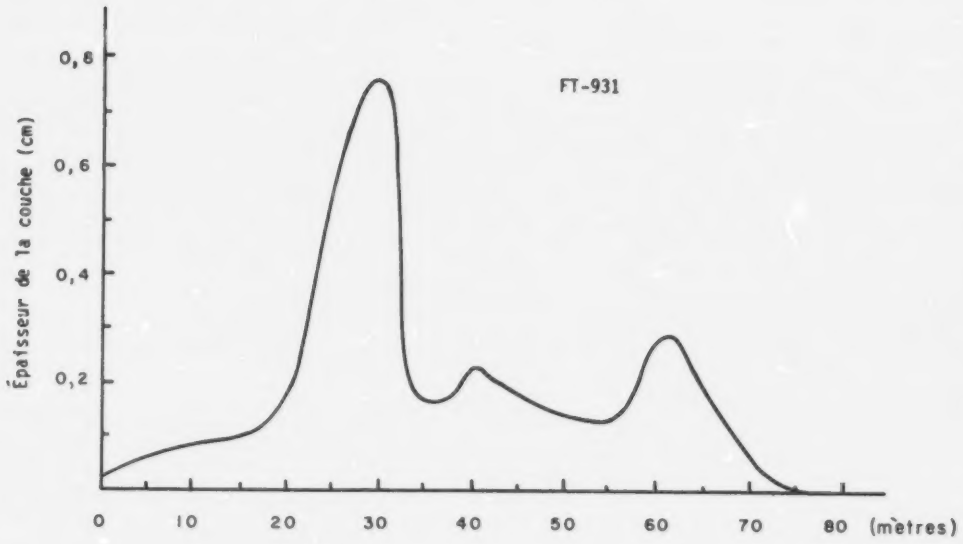


Figure 11. Profil longitudinal de la lame de Fire-Trol 931 non épaissi sur un terrain à découvert (d'une hauteur de 18 m et à la vitesse de 145 km/h; viscosité: 100 mPa.s).

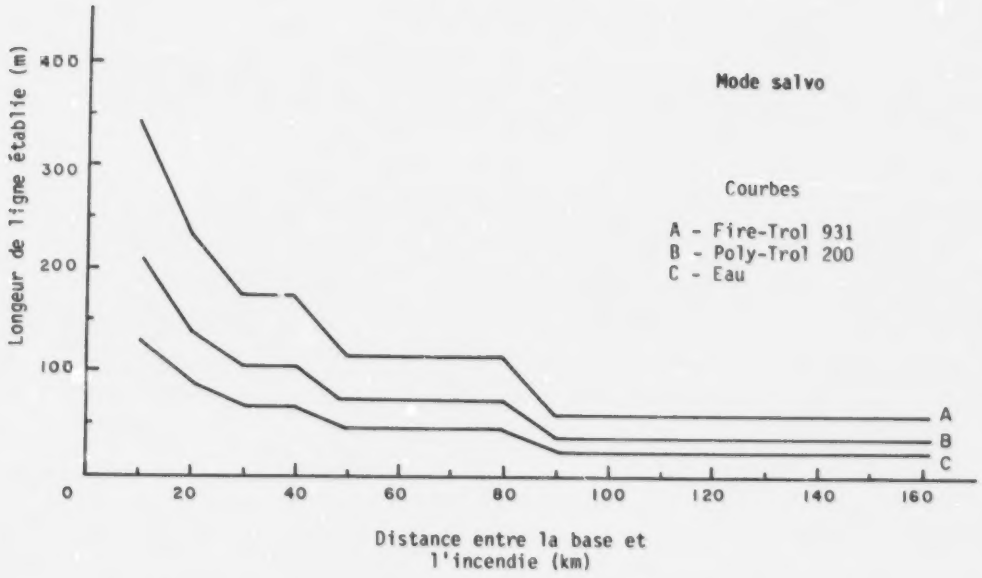


Figure 12. Longueur, en mètres, de ligne d'arrêt d'efficacité équivalente déployée sur un terrain à découvert, au moyen de 0,25 cm d'eau et de Poly-Trol 200 et de 0,10 cm de Fire-Trol 931 au cours d'une mission de 90 min, pour des distances de 10 à 160 km entre la base et l'incendie.

Tableau 6. Performance du M-18 au cours d'une mission de 90 min, suite au largage d'eau, de Fire-Trol 931 et de Poly-Trol 200

Éloignement de la base (km)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Temps de décollage (min)	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Temps de déplacement (min)	3,2	6,3	9,5	12,6	15,8	19,0	22,1	25,3	28,4	31,6	34,7	37,9	41,1	44,2	47,4
Temps de survol de l'incendie (min)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Total (min)	9,6	12,7	15,9	19,0	22,2	25,4	28,5	31,7	34,8	38,0	41,1	44,3	47,5	50,6	53,8
Retour (min)	4,8	7,9	11,1	14,2	17,4	20,6	23,1	26,9	30,0	33,2	36,3	39,5	42,7	45,8	49,0
Total du cycle (min)	14,4	20,6	27,0	33,2	39,6	46,0	52,2	58,6	64,8	71,2	77,4	83,8	90,2	96,4	102,8
Nombre de cycles	6	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Temps total des cycles (min)	86,4	82,4	81,0	99,6	79,2	92,0	104,4	117,2	64,8	71,2	77,4	83,8	90,2	96,4	102,8
Longueur de la ligne d'arrêt (m)															
- eau (0,25 cm, LS)*	132	88	66	66	44	44	44	44	22	22	22	22	22	22	22
- eau (0,25 cm, LR)**	242	154	110	110	66	66	66	66	22	22	22	22	22	22	22
- PT-200 (0,25 cm, LS)	210	140	105	105	70	70	70	70	35	35	35	35	35	35	35
- PT-200 (0,25 cm, LR)	240	158	117	117	76	76	76	76	35	35	35	35	35	35	35
- FT-931 (0,1 cm, LS)	343	229	172	172	115	115	115	115	58	58	58	58	58	58	58
- FT-931 (0,1 cm, LR)	353	235	176	176	117	117	117	117	58	58	58	58	58	58	58

*LS: largage simple.
**LR: largages répétés.

que l'eau, mais, dans tous les cas, sa répartition au sol était celle d'un noyau principal, très concentré (figure 2), plutôt que la répartition en constellation du Poly-Trol 200 et de l'eau. La densité de la solution de Fire-Trol 931 est de 1,1 comparativement à 1,0 pour l'eau et le Poly-Trol 200. Les profils des figures 3 et 4 donnent un exemple de ce type de répartition. Évidemment, la mousse s'est comportée très différemment.

Les figures de répartition de la mousse (figure 5) traduisent l'épaisseur de la lame liquide après désintégration de la mousse et non pas l'épaisseur de la masse de bulles immédiatement après son atterrissage. L'épaisseur de mousse au-dessus de la majeure partie de la zone de largage (à découvert) variait entre 3 et 12 cm, mais elle ne diminuait graduellement que dans la direction du vent. En forêt, la mousse a enduit les arbres et la végétation sous le couvert, y compris le tapis végétal de mousses, selon une épaisseur de 2 à 6 cm. La longueur des lames de 0,05 cm de mousse et de retardateurs était, fait surprenant, similaire, à condition que la vitesse du vent ait été faible. Le dépôt excessivement élevé de Fire-Trol 931, observé dans la figure 2, n'existait pas au sol sous le couvert. Les houppiers ont redistribué la charge et l'ont dispersée en constellations à peu près semblables à celles de l'eau et de Poly-Trol 200. Le volume récupéré au niveau du sol a été maximal pour le Fire-Trol 931 non épaissi, pour la lame de 0,05 cm, sans égard à la station: 92 % de la charge a atteint le sol à découvert et 29 % sous le couvert. À découvert, le volume récupéré de Poly-Trol 200 était inférieur de 10 % à celui du Fire-Trol 931 et supérieur de 10 % à celui de l'eau. Toutefois, sous le couvert, seul 13 % du Poly-Trol 200 a touché le sol forestier, comparativement à 21 % pour l'eau et à 29 % pour le Fire-Trol 931. Cette diminution s'explique surtout par l'adhérence supérieure du Poly-Trol 200 dont la cohésion est meilleure. Le couvert a intercepté la moitié de l'eau, près de 70 % du Poly-Trol 200 et un peu plus de 60 % du Fire-Trol 931, si l'on parle du volume transporté par l'avion.

Le passage de la vitesse de vol de 145 à 160 km/h s'est traduit par l'allongement des lames de 0,05 cm, mais le raccourcissement de celles de 0,25 cm, pour tous les produits largués. La scission provoquée par l'air (à 160 km/h) a dispersé le Poly-Trol 200 (viscosité de 316 mPa.s) à peu près de la même façon que l'eau et le Fire-Trol 931 non épaissi (100 mPa.s).

Les effets du largage haut ont été les plus évidents par la réduction de la superficie couverte par les lames les plus épaisses. La lame de 0,25 cm d'eau n'était pas seulement d'une figuration plus courte (61 %) et d'une superficie moindre (74 %), mais des réductions comparables (43 et 80 %, respectivement) ont été observées pour les Poly-Trol 200 visqueux (316 à 392 mPa.s). Ces réductions touchant les lames épaisses se sont traduites par des gains pour la lame de 0,05 cm, dont les caractéristiques d'extinction sont minimes.

L'influence des agents épaississants n'a pas été aussi prononcée que prévu. Les augmentations attribuées au Poly-Trol 200, au tableau 4, touchent surtout le volume et la superficie à l'intérieur des lames plus épaisses, notamment celles de 0,25 cm. Malheureusement, elles se traduisent par une figuration élargie et non pas allongée. Les largages bas ont donné une lame de 0,25 cm plus longue de 16 % (ou de 3 m); dans le cas de l'eau, il n'y avait pas de différence. La cohésion de l'eau épaissie par le Poly-Trol 200 a permis une récupération supérieure des volumes à l'intérieur de toutes les courbes de niveau, sans allonger les lames cependant.

La performance (définie plus haut) dépend dans une grande mesure de l'exactitude du positionnement des largages successifs. Même si le largage relève du pilote, ce dernier est d'autant plus exact qu'il connaît les facteurs influant sur la chute et la répartition de la charge sur le combustible. Le fait d'assurer la continuité au sol des largages successifs en s'aidant de leurs traces colorées ne suffit absoluement pas, sauf si le feu est très faible. Le nombre de mètres de ligne d'arrêt déployée, sans solution de continuité, par largages successifs de lames des épaisseurs indiquées au tableau 5, se fonde sur les données tirées des profils de largage montrés aux figures 9, 10, et 11. Les profils en longueur différaient de forme à cause des caractéristiques de dispersion des trois agents: eau, Poly-Trol 200 (eau épaissie) et eau traitée au Fire-Trol 931. Un bon recouvrement au sol augmente l'utilité de l'avion-citerne et lui permet de mieux circonscrire l'incendie. Non seulement on peut épandre des lames plus épaisses, mais la longueur de la ligne d'arrêt est aussi augmentée. Les indices de performance du tableau 6 donnés pour un M-18 accomplissant une mission de 90 min montrent les avantages possibles d'un bon positionnement des largages. Les gains exprimés en longueur de ligne d'arrêt sont maximaux lorsque la distance entre la base et l'incendie est courte. Toutefois, à mesure que la distance augmente, l'aptitude à déployer une ligne d'arrêt diminue, jusqu'à ce que la distance dépasse 80 km. Au-delà de cette limite, l'avion ne peut larguer qu'une charge en 90 min. Les courbes de la figure 12 montrent plus clairement la baisse de la performance en raison de la distance et elles peuvent aider à déterminer la grosseur du parc d'avions-citernes réservé à l'attaque initiale afin d'atteindre un niveau donné de performance selon la destination.

Le deuxième gros avion-citerne utilisé en grand au Canada est le S2F Tracker. Même s'il peut larguer 55 % plus de retardateurs à long terme, la configuration au sol du produit largué est semblable à celle du M-18, mais le déploiement de la ligne d'arrêt est plus rapide à cause de sa vitesse de croisière supérieure à celle du Dromader (figure 13). Compte tenu du volume transporté et de la vitesse de croisière des autres avions-citernes, le A-26 et le DC-6B, le Dromader supporte très favorablement la comparaison.

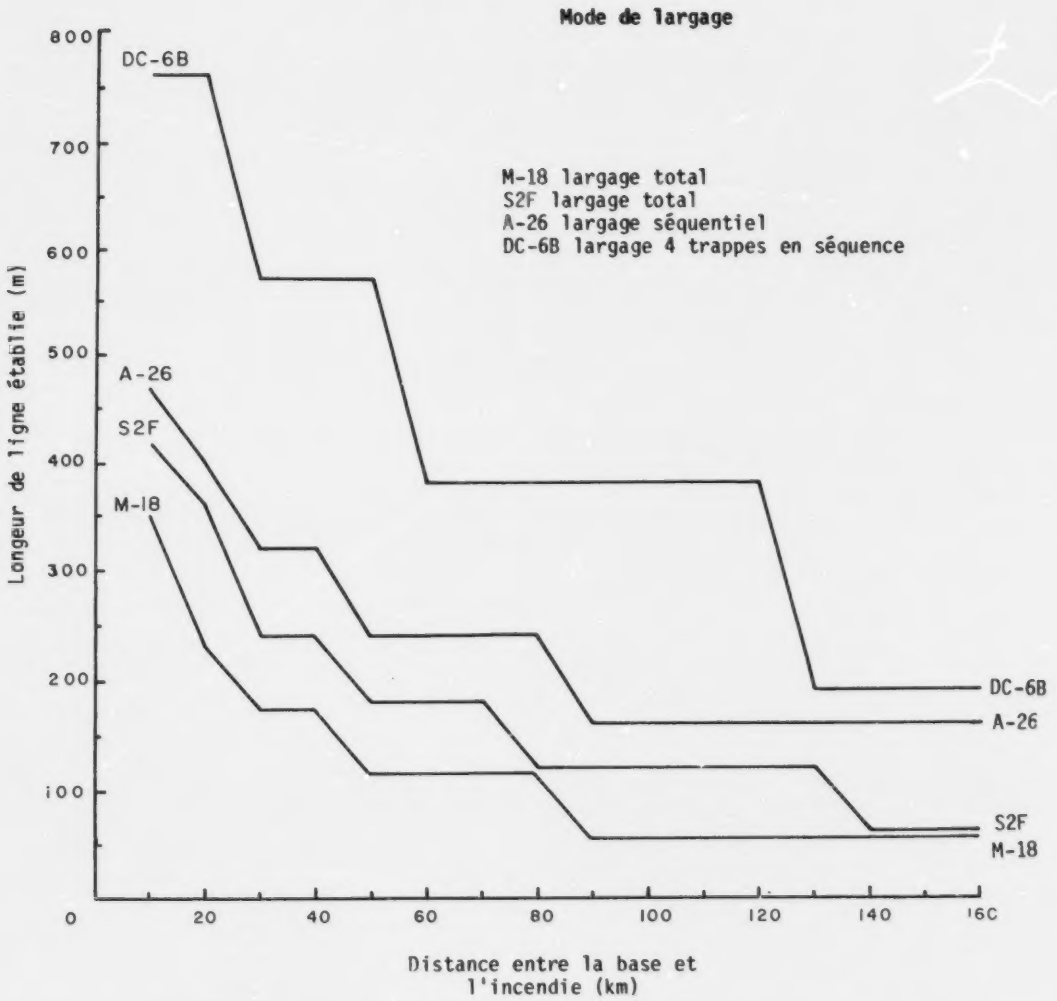


Figure 13. Longueur, en mètres de ligne d'arrêt déployée au moyen de 0,1 cm de retardateur au cours d'une mission de 90 min, pour des distances de 10 à 160 km entre la base et l'incendie.

RECOMMANDATIONS

L'efficacité d'un largage dépend du produit largué, de la hauteur de largage, de la vitesse de l'avion, du degré d'interception pendant la chute et du positionnement du produit. L'eau, dont la viscosité est de 1 mPa.s, se disperse davantage durant le largage que le Poly-Trol 200 ou le Fire-Trol 931, ce qui fait que la hauteur de largage devrait être tenue au minimum. Les largages donnent une répartition similaire, quel que soit le produit largué, lorsque la vitesse de l'air est inférieure. La quantité de liquide nécessaire pour mouiller le couvert ne doit pas être sous-estimée. Comme moins de 30 % de la charge a atteint le sol, sous le peuplement d'épinettes noires, le premier largage devrait servir à enduire le couvert, et on ne devrait compter que sur les suivants pour retarder la propagation du feu au sol. On ne saurait trop insister sur la nécessité de déployer une ligne d'arrêt continue par largages successifs. Comme la ligne qu'on peut établir au moyen d'un seul largage est relativement courte, on ne peut augmenter l'utilité d'un avion-citerne qu'en faisant se recouvrir suffisamment les produits de largages successifs. Il s'ensuit que les lames de produit seront plus épaisses. La performance décline rapidement en raison inverse de la distance entre la base et l'incendie; il faudrait donc envisager de déplacer temporairement la base d'urgence des avions afin d'augmenter, dans les délais impartis, la possibilité de déployer une ligne d'arrêt suffisante.

Annexe I
Information sur les produits

I-A

1. Nom: Poly-Trol 200

2. Fournisseur: Chemonics Industries (Canada) Ltd.
   C.P. 745
   Kamloops (C.-B.) V2C 5M4

3. Propriétés (d'après le fabricant):

   a) Concentré épaississeur
   b) Densité: 1,055
   c) Viscosité du concentré: 690 mPa.s (n° 3 à 60 tr/min)
   d) Durée de pot longue même si gardé à l'extérieur
   e) Essentiellement non toxique
   f) Hydratation rapide, moins de 1 min
   g) Forte influence de la dureté de l'eau
   h) Diminution de la viscosité avec le pH
   i) Dissolution rapide au-dessus de 0° C
   j) Influence minimale de la température sur la viscosité
   k) Viscosité d'une solution à 0,50 %: 475 mPa.s (n° 3 à 60 tr/min)

I-B

1. Nom: Fire-Trol 931

2. Fournisseur: Chemonics Industries (Canada) Ltd.
   C.P. 745
   Kamloops (C.-B.) V2C 5M4

3. Propriétés (d'après le fabricant):

   a) Concentré liquide, phosphate d'ammonium
   b) L'attapulgite, argile épaississante, agit comme véhicule du colorant
   c) Contient de l'oxyde de fer colorant
   d) Contient des inhibiteurs de corrosion
   e) Mélange recommandé: 1 partie dans 4 d'eau
   f) Viscosité de la solution, 50 à 100 mPa.s (n° 2 à 60 tr/min)